



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

CÓPIA OFICIAL
PARA EFEITO DE REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE

O documento anexo é cópia fiel de um Pedido de Depósito de Patente regularmente depositado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial, sob número BR 102024011052-8 de data 03/06/2024

Rio de Janeiro, 13 de Junho de 2025

Assinado eletronicamente por:
Instituto Nacional da Propriedade Industrial





Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2024 011052 8

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 2

Nome ou Razão Social: PINHALENSE S/A MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 54224423000114

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço: Rua Honório Soares, 80

Cidade: Espírito Santo do Pinhal

Estado: SP

CEP: 13990-000

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email:

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 22078679000174

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Trevo Rotatório Professor Edmir Sá Santos, s/n

Cidade: Lavras

Estado: MG

CEP: 37203-202

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UMA MÁQUINA AGRÍCOLA; MÉTODO DE MONITORAMENTO, DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA MÁQUINA AGRÍCOLA E MÁQUINA AGRÍCOLA AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRÃOS

Resumo: A presente invenção divulga um sistema e método de controle automatizado de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas (200) beneficiadoras de grãos. O sistema é composto por equipamentos eletrônicos de automação industrial, como sensores de pressão (204), sensor de temperatura (203) e sensor de corrente elétrica (208), Soft Starter (201), inversor de frequência (205) e dispositivos que coletam sinais para garantir o funcionamento automático de uma máquina agrícola (200). O sistema controla a velocidade de rotação de um ventilador de aspiração (112) duplo que provê um fluxo de ar de sucção e um fluxo de ar de aspiração para sucção de impurezas. O controle do sistema é feito por um controlador (210) em malha fechada. O dito sistema de controle automático da pressão (200) ocorre dentro das tubulações (217) para aspiração das impurezas provenientes do descascamento do grão, de forma a evitar que os grãos sejam aspirados juntamente com as cascas. O sistema provê de uma melhora de eficiência da máquina via interface homem-máquina para monitoramento e registro das principais variáveis, detecção e localização de falhas, com funcionalidades de intertravamentos para evitar danos à máquina e à qualidade do produto final.

Figura a publicar: 2

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Helcio Ferro Ricci

Numero OAB:

Numero API: 614

CPF/CNPJ: 09086500862

Endereço: Rua Domingos de Moraes, 2781 - CJ 1001

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 04035-001

Telefone: (11) 2832-5707

Fax:

Email: helcio.ricci@riccipi.com.br

Escritório:

Nome ou Razão Social: RICCI & ASSOCIADOS PROPRIEDADE INTELECTUAL S/S LTDA

CPF/CNPJ: 60266137000114

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 8

Nome: FÁBIO AUGUSTO CIPOLI PEDROSO

CPF: 30437786854

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Dirigente, presidente e diretor de empresa industrial, comercial ou prestadora de serviços

Endereço: Rua Artur Bernardes, nº 420, Jardim Paulista

Cidade: Espírito Santo do Pinhal

Estado: SP

CEP: 13990-000

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 2 de 8

Nome: DIOGO JORGE BARRETO

CPF: 25904178883

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Gerente ou supervisor de empresa industrial, comercial ou prestadora de serviços

Endereço: Avenida Hélio Vergueiro Leite, nº 505, Jardim Universitario

Cidade: Espírito Santo do Pinhal

Estado: SP

CEP: 13990-000

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 3 de 8

Nome: LUCAS DE MORAIS SILVA MARTINS

CPF: 29992578807

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Carmen Ocete Marin, nº 143, Recanto da Serra

Cidade: São João da Boa Vista

Estado: SP

CEP: 13873-470

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 4 de 8

Nome: SILVIO BRENTGANI

CPF: 32008419827

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Vitor Assumpção Fagundes de Macedo, nº 45, Parque das Nações

Cidade: Espírito Santo do Pinhal

Estado: SP

CEP: 13990-000

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 5 de 8

Nome: DANTON DIEGO FERREIRA

CPF: 05483693647

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua das Gameleiras, nº 103, Jardim Eldorado

Cidade: Lavras

Estado: MG

CEP: 37202-624

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 6 de 8

Nome: BRUNO HENRIQUE GROENNER BARBOSA

CPF: 04428338651

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Avenida Francisco Reis Figueiredo, nº 140, Condomínio das
Goiabeiras

Cidade: Lavras

Estado: MG

CEP: 37203-016

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 7 de 8

Nome: LUIZ DE GONZAGA FERREIRA JÚNIOR

CPF: 05696920675

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua José Botelho Serra Negra, nº 354, Vila Bernardo

Cidade: Nepomuceno

Estado: MG

CEP: 37250-000

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 8 de 8

Nome: ISRAEL ANDRADE LIMA

CPF: 03859488597

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Arnaldo Machado Florence, nº 125, Parque da Figueira

Cidade: Espírito Santo do Pinhal

Estado: SP

CEP: 13990-000

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	PP 766_depósito_GRU.pdf
Procuração	Pinhalense S.A. Máquinas Agrícolas.pdf
Procuração	Universidade Federal de Lavras.pdf
Relatório Descritivo	PP 766_Sistema de controle de pressão_relatorio_rev.pdf
Reivindicação	PP 766_Sistema de controle de pressão_reivindicações_rev.pdf
Desenho	PP 766_Sistema de controle de pressão_figs.pdf
Resumo	PP 766_Sistema de controle de pressão_resumo_rev.pdf
Documento de Cessão	Autorizações do inventor.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UMA MÁQUINA AGRÍCOLA;
MÉTODO DE MONITORAMENTO, DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM
UMA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE
FALHAS EM UMA MÁQUINA AGRÍCOLA E MÁQUINA AGRÍCOLA
AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRÃOS**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção pertence ao campo dos maquinários agrícolas beneficiadores e separadores de grãos. Refere-se mais especificamente a um sistema e método automatizado de sucção de impurezas que controla a pressão dentro das tubulações de aspiração, no intuito de evitar a sucção de grãos juntamente com as impurezas. Além disso, a invenção compreende ainda uma máquina agrícola automatizada; um sistema automatizado de detecção e localização de falhas para o controle da máquina agrícola e um método de monitoramento, detecção e localização de falhas das ditas máquinas agrícolas beneficiadoras de grãos alimentícios.

[002] Em outras palavras, a invenção compreende um sistema automatizado de controle de pressão que permite uma sucção mais eficiente de impurezas em geral, a qual, otimiza a aspiração para que não sejam aspirados grãos juntamente com as impurezas. Trata-se de um sistema e método que utiliza controladores em malha fechada que mantém a pressão dentro da faixa de operação ideal para o controle do fluxo de ar para aspiração. O sistema também compreende o monitoramento e detecção e localização de falhas e de pressão de uma máquina agrícola beneficiadora de grão por meio do controle de variáveis.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] A colheita de grãos alimentícios todo ano gera milhões de toneladas de grãos dos mais diversos tipos. Para a limpeza, descascamento e polimento desses grãos alimentícios é necessário a utilização de um equipamento especializado. Alguns maquinários agrícolas apresentam um controle de pressão manual para a aspiração de impurezas, o que gera inconvenientes como separação dos grãos das impurezas de forma equivocada, além de aumento no consumo de energia.

[004] A separação das impurezas dos grãos é usualmente realizada em quatro etapas bem definidas de uma máquina agrícola de beneficiamento de grãos manual do estado da técnica.

[005] Em uma primeira etapa, o equipamento em questão realiza o descascamento dos grãos. Após o beneficiamento, realiza-se uma segunda etapa, por meio de um fluxo de ar que faz a separação entre o grão e sua casca. Em uma terceira etapa, o dito equipamento realiza o polimento dos grãos e por fim, realiza-se o ensaque dos grãos em locais devidos, como sacas ou bags, até sua distribuição.

[006] A Máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica possui um sistema de aspiração de impurezas totalmente manual e não provém de sistemas de controle e monitoramento para melhoria do beneficiamento do grão. O sistema de uma máquina beneficiadora de grãos é simples e todos os ajustes são realizados manualmente por um operador. As variáveis do processo não são monitoradas ou controladas, o que leva a imprecisões, gerando dúvidas e insegurança ao operador em relação ao uso do equipamento.

[007] A realização manual do processo está suscetível a falhas humanas. Um monitoramento manual não é capaz de extrair uma melhor performance de aspiração que o sistema automatizado é capaz de proporcionar, como é proposto na presente invenção.

[008] Por se tratar de um sistema mecânico e dependente de um operador experiente para regulagem de seus diversos parâmetros, a inexistência de um sistema de detecção de falhas para evitar perdas e as dificuldades de monitoramento e controle do processo é superado pela presente invenção por meio de um sistema automático de detecção de falhas.

[009] A principal forma de realizar as quatro etapas supracitadas ocorre por meio do uso de descascadores, polidores e ventiladores especificamente calculados para gerar um fluxo de ar suficiente para separar sujeiras geradas pelo descascamento dos grãos, porém, o fluxo é constante e não há controle automático do fluxo caso haja alteração das características dos grãos, como densidade, tamanho, peso etc.

[010] O funcionamento manual proporciona algumas dificuldades de operação que foram superadas pela presente invenção.

[011] A máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica não possui medição de corrente elétrica para identificar anormalidades no funcionamento, como em caso de sobrecarga, por problemas na rede elétrica, por mau funcionamento do sistema motriz em relação ao motor, transmissão por correias, polias ou por algum problema na

carga movimentada pelo motor do módulo octogonal de descascamento/polimento.

[012] A velocidade dos motores da máquina agrícola do estado da técnica é fixa e não há sistema de proteção/amortecimento da partida. Não há controle de velocidade no motor de aspiração, assim, deve-se regular o fluxo de ar manualmente por meio de palhetas. Ao iniciar o processo, é imprescindível que o operador observe na tubulação de descarte de impurezas se há a presença de café juntamente com as cascas retiradas dos grãos e, caso tenha, deve-se regular manualmente o fluxo de ar até encontrar a aspiração ideal. Como não há monitoramento das variáveis do processo por meio de sensores, não é possível identificar rapidamente problemas de operação, quando houver.

[013] Na máquina agrícola do estado da técnica, a regulação de vazão dos grãos a partir dos módulos octogonais ocorre manualmente por meio de contrapesos. Os ajustes devem ser precisos de acordo com o resultado da remoção total de impurezas do café, pois, se houver pouca vazão, tem-se um superaquecimento dos grãos e danifica a qualidade do café. Se houver muita vazão, o resultado de remoção de impurezas pode ser ineficiente. A máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica não dispõe de um monitoramento de temperatura adequado para evitar danos aos grãos.

[014] Além disso, como a máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica é manual, o plano de manutenção não se costuma levar em consideração a quantidade de horas trabalhadas pela máquina.

[015] O estado da técnica conta com alguns exemplos de máquinas agrícolas para beneficiamento e limpeza de grãos.

Em particular, cita-se o documento JP2017056442, que mostra a necessidade de fornecer um aspirador para a separação da palha do arroz. A solução proposta pelo documento em questão é um descascador disposto na frente do corpo da máquina e um seletor de oscilação disposto na parte traseira do corpo da máquina, com um duto de ar de seleção principal que faz o arroz descascado fluir pelo descascador para baixo e um aspirador que se comunica com a extremidade superior deste duto de ar de seleção principal que suga e descarrega a poeira. Para isso, é fornecida uma válvula liga-desliga capaz de abrir e fechar o cilindro de descarga de poeira do ventilador de sucção e uma porta de entrada de ar localizada acima da posição de fechamento desta válvula liga-desliga, onde a porta de entrada de ar é fornecida com uma mangueira de jato de ar de modo a ser acoplada.

[016] Outro exemplo é revelado no documento CN104174453, o qual divulga uma máquina de enrolamento duplo para descascamento e polimento de milho. O fluxo de aspiração depende de um sistema composto por tubulações, um ventilador, além de diversas regulagens manuais que atuam diretamente no fluxo de ar gerado pelo sistema de aspiração para funcionar com eficácia. Isso resulta em um maquinário agrícola de grande porte, além de necessitar da intervenção humana continuamente para realizar os ajustes manualmente das palhetas que controlam o fluxo de ar.

[017] Dessa forma, o estado da técnica carece de soluções referentes a maquinários agrícolas para descascamento dos grãos alimentícios com um modelo de aspiração eficiente, que dependa pouco da intervenção do operador no processo, que conte ainda com um sistema simples

e eficiente, além de um sistema que opere automaticamente, a fim de melhorar a eficiência do processo e, ainda, gerar valor econômico para pequenos e médios produtores.

[018] Considerando-se o exposto, o estado da técnica claramente se beneficiaria pela introdução de um sistema automatizado que tenha um controle automático de pressão e um monitoramento, detecção e localização de falhas para fluxo de ar para maquinários processadores de grãos alimentícios, como por exemplo o café.

[019] De modo a solucionar os problemas do estado da técnica, é um objetivo da presente invenção apresentar uma máquina agrícola compreendendo um sistema de controle automático de máquinas agrícolas, em que ocorre o controle automático de pressão para automatizar o fluxo de ar; há também um sistema de monitoramento, detecção e localização de falhas para automatizar maquinários agrícolas processadores de grãos alimentícios, preferencialmente grãos de café, que permite uma limpeza e descascamento mais eficiente do grão previamente colhido.

[020] O sistema compreende um ventilador preferencialmente de dupla aspiração para ambas as tubulações, que tanto aplica uma aspiração, como também uma sucção de ar para separação de impurezas, em particular as cascas dos grãos.

[021] Em uma realização, há um único ventilador para proporcionar o controle e um controle de pressão dentro de um duto para realizar a regulagem automática do fluxo de ar de acordo com a densidade dos grãos e características específicas.

[022] O sistema implementa vantajosamente, a automatização com sensores e dispositivos que contemplam a coleta de dados para facilitar a criação de um plano de manutenção baseado em informações extraídas do funcionamento da máquina, além de monitorar todas as variáveis e realizar um intertravamento geral do sistema a fim de protegê-lo.

[023] Outro objetivo da presente invenção é apresentar um sistema de controle do tipo PID (proporcional, integral e derivativo) em malha fechada de fluxo de ar, em que se prove um fluxo de sucção e um fluxo de aspiração, em que o dito sistema realiza o controle de rotação do ventilador de acordo com a necessidade de aspiração, a fim de aspirar apenas as cascas e/ou sujidades.

[024] A presente invenção apresenta uma forma de tornar maquinários agrícolas processadores de grãos alimentícios economicamente viável e acessível para o médio e pequeno produtor agrícola.

[025] A invenção divulga uma implementação de um sistema de instrumentação e controle automático no processo de descascamento e polimento de grãos, preferencialmente, café, em uma máquina agrícola, com o intuito de aperfeiçoar os processos envolvidos em prol de uma maior produtividade, melhor usabilidade, melhor eficiência e diminuição de custos, proporcionando aumento da qualidade do produto.

[026] Assim, os objetivos específicos da invenção são os seguintes:

- 1) instrumentar a máquina com equipamentos essenciais para melhorar o beneficiamento de grãos em todas as etapas de descascamento e polimento;

- 2) aperfeiçoar o sistema de aspiração de impurezas proveniente do descascamento de grãos, por meio de um sistema de controle de pressão em malha fechada, a fim de aperfeiçoar os ajustes operacionais desse sistema;
- 3) realizar o controle da pressão para otimizar o processo de sucção de impurezas, que permita menos intervenção humana no processo;
- 4) implementar um sistema de segurança, intertravamento e monitoramento de variáveis para proporcionar o monitoramento, detecção e localização de falhas da máquina agrícola.

[027] Os controladores do tipo PID (proporcional, integral e derivativo) para modelagem de sistemas não lineares não são uma opção de projeto para um técnico no assunto. O sistema da presente invenção é justamente um sistema não linear. Isso só foi possível, já que o sistema foi, inventivamente, linearizado para possibilitar a utilização do PID.

[028] Implementar as técnicas de controle no âmbito de sistemas não lineares requer a utilização de controladores muito específicos e laboriosos. Assim, realizou-se a linearização do sistema e se procedeu a sua análise por meio de testes dos níveis de robustez do controlador. Esse procedimento proporcionou as vantagens da invenção frente ao estado da técnica que é a robustez com baixo custo.

[029] Nota-se que, mesmo não sendo indicada para o caso, a linearização do sistema atrelado às técnicas de controle implementadas resulta em um sistema robusto e

funcional em diversos pontos de operações, mesmo quando submetido a distúrbios.

[030] A invenção foi implementada da combinação da linearização de um sistema não linear com a execução de diversos testes para compor a dinâmica do sistema da presente invenção.

[031] Vantajosamente, os testes demonstram o comportamento do sistema automatizado diante de diferentes situações e perturbações. Os resultados gerados pela presente invenção foram surpreendentemente satisfatórios.

[032] Dessa forma, a presente invenção fornece um sistema, método e máquina agrícola automática de supervisão e controle, composta por sensores e equipamentos de automação, contemplando a medição e o armazenamento do histórico de dados das variáveis envolvidas no processo, além da instrumentação geral da máquina, otimizando sua vida útil e permitindo uma análise minuciosa de seu funcionamento pelo usuário.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[033] A presente invenção revela um sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola processadora de grãos alimentícios, compreendendo um sistema de controle de pressão, para automatizar um fluxo de ar. A máquina agrícola é dotada de uma entrada de grãos que alimenta um ou mais módulos de beneficiamento. Os módulos são acionados por um motor principal. A saída de um ou mais módulos de beneficiamento é conectada a um compartimento de aspiração onde são depositados os grãos beneficiados e as sujidades. Um ventilador de aspiração é ligado ao compartimento de aspiração por meio de uma tubulação de

aspiração que aspira as sujidades. Uma bica de saída do compartimento de aspiração fornece os grãos beneficiados. Um ou mais sensores de pressão são instalados em pelo menos uma tubulação de aspiração de um ou mais módulos de beneficiamento. O sensor de pressão é conectado eletronicamente a um controlador em malha fechada. O dito controlador em malha fechada é conectado ainda a um dispositivo inversor de frequência que regula a velocidade do motor de aspiração do ventilador em função dos sinais gerados por pelo menos um sensor de pressão.

[034] O motor principal da máquina agrícola aciona um ou mais módulos de beneficiamento. Um dispositivo *Soft Starter* controla o motor principal da máquina agrícola. O sistema de controle de pressão e uma interface homem-máquina são integrados por uma rede de comunicação com protocolo Modbus RTU.

[035] Em uma realização, a máquina agrícola é dotada de dois módulos de beneficiamento consistindo em um módulo octogonal de descascamento e um módulo octogonal de polimento sendo o ventilador de aspiração duplo, onde é fornecido um fluxo de ar para cada módulo octogonal.

[036] A bica de saída do compartimento de aspiração de um módulo octogonal de descascamento entrega os grãos descascados a um elevador de repasse que fornecerá os grãos descascados ao módulo octogonal de polimento.

[037] A invenção ainda fornece um método de monitoramento, detecção e localização de falhas em uma máquina agrícola para beneficiamento de grãos alimentícios por meio de algumas etapas:

- monitorar a pressão em uma ou mais tubulações de aspiração; monitorar a temperatura do grão em uma bica de saída do grão beneficiado; monitorar a corrente de um ou mais motores por meio de pelo menos um sensor de corrente;
- controlar o fluxo de ar por meio da velocidade de rotação de um ventilador em função dos sinais de um ou mais sensores de pressão;
- detectar falhas no funcionamento da máquina por meio da identificação de operação fora dos parâmetros predefinidos de um ou mais sensores de temperatura dos grãos e um ou mais sensores de corrente de um ou mais motores;
- localizar as falhas, sendo que a captação de sinais do sensor de temperatura fora do parâmetro predefinido indica mal funcionamento do processo de beneficiamento dos grãos; a captação de sinais do sensor de corrente indica sobrecarga em um ou mais motores; a captação de sinais do sensor de pressão fora do parâmetro predefinido indica mal funcionamento do sistema de controle de pressão ou em um ou mais motores de aspiração;
- ao se localizar uma falha são emitidos alarmes com sinalizações sonoras e/ou visuais para indicar a respectiva falha ou anomalias.

[038] No método de monitoramento, detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas para beneficiamento de grãos alimentícios, o valor de referência de pressão é controlado automaticamente por meio da velocidade do ventilador de aspiração entre 50 e 60 Hz. Na

etapa de controle da velocidade de rotação de um ventilador de aspiração, a definição de uma constante de tempo do filtro de entrada de sinal analógico do inversor de frequência corresponde de 0,2 a 0,7s.

[039] No método de monitoramento, detecção e localização de falhas, caso detectada alguma anomalia, é realizado o intertravamento da máquina agrícola, onde todos os motores são desligados.

[040] A invenção fornece ainda um sistema de detecção e localização de falhas em uma máquina agrícola, sendo a máquina agrícola dotada de uma entrada de grãos que alimenta um ou mais módulos de beneficiamento que é acionado por um motor principal. Um compartimento de aspiração recebe os grãos beneficiados e as sujidades na saída de cada módulo de beneficiamento. O sistema compreende um ventilador de aspiração, ligado ao compartimento de aspiração por meio de uma tubulação de aspiração que aspira as sujidades. A bica de saída do compartimento de aspiração fornece os grãos beneficiados. Por fim, vantajosamente, um sensor de temperatura é disposto na bica de saída do grão processado; o sistema também compreende um sensor de pressão, um sensor de corrente elétrica e dispositivo de alarme visual e sonoro.

[041] A presente invenção compreende ainda uma máquina agrícola automatizada beneficiadora de grãos para descascamento, separação, polimento e ensaque dos grãos alimentícios, em que a máquina agrícola compreende uma moega de entrada dos grãos. A entrada de grãos se comunica com um módulo de beneficiamento constituído por um módulo octogonal de descascamento e um módulo octogonal de polimento, em que

o módulo de beneficiamento é acionado por pelo menos um motor principal. A saída do módulo octogonal de descascamento se comunica com um compartimento de aspiração, em que no dito compartimento de aspiração o grão descascado é submetido a aspiração por meio de um ventilador de aspiração duplo que aspira as cascas por meio de uma tubulação de aspiração de cascas. Os grãos descascados são enviados a um elevador de repasse, em que o dito elevador de repasse é acionado por um motor do elevador. O elevador se comunica com um módulo octogonal de polimento, que tem como saída uma bica de saída de grão polido. O ventilador de aspiração aspira também as impurezas geradas pelo módulo octogonal de polimento por meio de uma tubulação de aspiração de impurezas.

[042] A máquina agrícola é dotada de um sistema automatizado dotado de um controle de pressão, para automatizar um fluxo de ar, em que o fluxo de ar é controlado por meio de um controlador em malha fechada que controla a velocidade de rotação do ventilador de aspiração duplo que provê um fluxo de ar de aspiração. A máquina agrícola compreende ainda um sistema de detecção e localização de falhas. O sistema de detecção e localização de falhas emite alarmes com sinalizações sonoras ou visuais quando a medição de variáveis monitoradas ficam fora de faixas estabelecidas como normais.

[043] Na máquina agrícola, a temperatura dos grãos é uma variável controlada, sendo um sensor de temperatura, disposto na bica de saída dos grãos, parte integrante do dito controle.

[044] Na máquina agrícola, a corrente elétrica é uma variável controlada. Um sensor de corrente elétrica mede

a corrente elétrica em um ou mais motores. O sensor de corrente elétrica é parte integrante do controle da corrente elétrica dos motores.

[045] A máquina agrícola da presente invenção é uma máquina descascadora e polidora de café pergaminho.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[046] A Figura 1 ilustra a máquina agrícola de beneficiamento de grãos estado da técnica (100) convencional.

[047] A Figura 2 ilustra uma realização da invenção que compreende um sistema de controle automático de máquinas agrícolas (200) e seus componentes.

[048] A Figura 3 ilustra a modalidade preferencial do sistema de controle automático de máquinas agrícolas (200) e seus componentes.

[049] A Figura 3a ilustra o módulo octogonal de descascamento (1161) e o módulo octogonal de polimento (1162) do sistema de controle automático de máquinas agrícolas (200).

[050] A Figura 4 ilustra o plano lateral direito da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos da presente invenção atrelada ao sistema de controle de pressão.

[051] A Figura 5 ilustra o plano lateral esquerdo da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos da presente invenção atrelada ao sistema de controle de pressão.

[052] A Figura 6 ilustra a vista frontal da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos da presente invenção atrelada ao sistema de controle de pressão.

[053] A Figura 7 ilustra o plano horizontal superior da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos da presente invenção atrelada ao sistema de controle de pressão.

[054] A Figura 8 ilustra vista posterior da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos da presente invenção atrelada ao sistema de controle de pressão.

[055] A Figura 9 ilustra o fluxograma de detecção de anomalias do método de controle de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas.

[056] A Figura 10 ilustra o ensaio de fechamento e abertura dos dampers da máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos.

[057] A Figura 11 ilustra o ensaio de controle de pressão do sistema de controle de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[058] A presente invenção compreende um sistema automatizado para controle automático de uma máquina agrícola (200). O sistema automatizado compreende um sistema e método de controle de pressão por meio de um controle automático de fluxo de ar e monitoramento e detecção e localização de falhas dentro das tubulações de aspiração (117). O sistema de controle de pressão atua regulando o fluxo de ar de acordo com a necessidade de aspiração das sujidades.

[059] As sujidades, em particular, correspondem às cascas de grãos e/ou quaisquer impurezas.

[060] A máquina agrícola (200) recebe, limpa e descasca grãos alimentícios anteriormente colhidos. Mais

especificamente, o sistema de controle da presente invenção compreende um controle sobre o fluxo de ar gerado por um ventilador (112) para aspirar apenas as sujidades, preferencialmente, as cascas dos grãos e, com isso, melhorar a eficiência da máquina. Dessa forma, evita-se que os grãos sejam aspirados juntamente com as cascas.

[061] A máquina agrícola (200) é dotada de um sistema de controle de pressão e um sistema de monitoramento, detecção e localização de falhas. Cada módulo de beneficiamento (116) compreende uma seção da máquina agrícola (200). A etapa de beneficiamento ocorre por meio do módulo de beneficiamento (116) (Figura 3a).

[062] Em uma realização da invenção o sistema compreende uma seção de beneficiamento de grãos, conforme ilustrado na Figura 2.

[063] Em uma modalidade preferencial da invenção (Figura 3), o sistema de controle automático da máquina agrícola (200) é dotado de dois módulos de beneficiamento (116), sendo um módulo octogonal de descascamento (1161) e/ou um módulo octogonal de polimento (1162) (Figura 3a).

[064] Na primeira seção da máquina agrícola (200), os grãos alimentícios são descascados; para realizar o descascamento realiza-se a fricção dos grãos. Após a primeira seção os grãos são direcionados para um segundo módulo de beneficiamento (116), em particular o módulo octogonal de polimento (1162).

[065] Na segunda seção da dita máquina agrícola (200), os grãos advindos da primeira seção correspondente ao módulo octogonal de descascamento (1161) seguem para um aspirador das cascas, onde as cascas dos ditos grãos são

retiradas e aspiradas pelo ventilador de aspiração (112) por meio de tubulação de aspiração (117) do sistema da presente invenção. Em seguida os grãos são direcionados para uma câmara de polimento, em particular, o módulo octogonal de polimento (1162) dos grãos que também gera impurezas proveniente do processo de polimento dos ditos grãos.

[066] Os grãos advindos da segunda seção correspondente ao módulo octogonal de polimento (1162) e seguem para um aspirador das cascas, onde as cascas dos ditos grãos são retiradas e aspiradas pelo ventilador de aspiração (112) pela tubulação de aspiração (117). As sujidades saem da máquina agrícola (200) por meio de uma bica de saída de sujidades (113).

[067] Em uma modalidade preferencial da invenção o sistema de controle de pressão compreende um controle do fluxo de ventilação que tanto aplica uma aspiração para separação do grão e impurezas mais densas, como também uma sucção de ar para separação de impurezas menos densas, em particular as cascas do grão. O fluxo de ar é realizado por apenas um ventilador que tem a sua ventilação regulada automaticamente pelo controle proporcional, integral e derivativo (PID).

[068] Assim, o fluxo de ar separa os grãos das impurezas mesmo quando os grãos mudam de densidade ou tamanho.

[069] Em uma modalidade da presente invenção, a ventilação com fluxo de ar é aplicada em duas partes distintas da máquina: na etapa de descascamento e polimento. Primeiramente a ventilação é aplicada após o grão passar pelo módulo octogonal de descascamento (1161) o qual realiza

a separação da casca do grão. Em seguida a ventilação é aplicada no módulo octogonal de polimento (1162) dos grãos para separação das sujidades do polimento.

[070] Em uma corporificação preferencial da invenção, o sistema de controle de pressão e fluxo de ar para máquinas agrícolas (200) processadores/beneficiadores de grãos alimentícios em geral, é preferencialmente um sistema aplicado em maquinário processador de grãos de café que recebe, descasca e limpa o grão anteriormente colhido, conforme ilustrado nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

[071] Em uma modalidade preferencial da invenção, o dito grão é um café pergaminho.

[072] Mais especificamente, a máquina agrícola (200) que compõe o sistema de controle de pressão e do fluxo de ar, monitoramento, detecção e localização de falhas da presente invenção compreende: uma entrada de grãos (101), um módulo octogonal de descascamento (1161) para descascamento de grãos, elevador de repasse (104), bandeja de alimentação do elevador (103), tubulação de alimentação do repasse (106), moega de repasse (107), tubulação de aspiração (117), módulo octogonal de polimento (1162), ventilador de aspiração (112), motores de acionamento, onde os motores de acionamento correspondem ao motor principal (115), motor do ventilador (114) e motor do elevador (105).

[073] A tubulação de aspiração (117) da máquina agrícola (200), mais especificamente é compreendida por uma tubulação de aspiração do módulo de descascamento (1171) para aspiração das cascas e/ou uma tubulação de aspiração do módulo de polimento (1172), para aspiração das impurezas, conforme especificado na Figura 3. A implementação do sistema

de controle automático do fluxo de ar na tubulação de aspiração (117) ocorre mediante a aquisição de valores da pressão dentro da tubulação de aspiração (117) por meio de sensor de pressão (204).

[074] A máquina agrícola (200) que compreende o sistema automatizado para controle de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas da máquina agrícola (200) é dotado de um ou mais controladores (210), um dispositivo *Soft Starter* (201), um ou mais sensores de temperatura (203), um ou mais sensores de pressão (204), um ou mais sensores de corrente (208), um dispositivo inversor de frequência (205), um ou mais dispositivos de alarmes visuais e sonoros (206), em que os sensores e dispositivos estão conectados por meio de uma interface homem-máquina (211).

[075] O responsável pelo controle é o controlador (210) que, a partir de informações obtidas por meio do sensor temperatura (203), controla a temperatura a partir da alteração de variáveis manipuladas, como a velocidade de motores, abertura de válvulas e etc.

[076] O sensor de temperatura (203) compreende dispositivos usuais para seu funcionamento, tal como um elemento primário de temperatura (2031) e um transmissor de temperatura (2032).

[077] Em uma realização preferencial da invenção, o dispositivo sensor de temperatura (203) é um termopar.

[078] O sensor de pressão (208) compreende ainda dispositivos usuais para seu funcionamento, tal como um elemento primário de corrente elétrica (2081) e um transmissor indicador de corrente (2082).

[079] As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 representam a máquina agrícola (200) automatizada da presente invenção. Na máquina agrícola (200), inicialmente, os grãos de café são depositados em um compartimento de entrada de grãos (101). O descascamento e o polimento do café são realizados pelo módulo octogonal de descascamento (1161) e pelo módulo octogonal de polimento (1162) respectivamente, ambos movimentados por um motor principal (115) de 100 CV.

[080] Em uma realização, os grãos de café passam pela primeira etapa que corresponde ao descascamento para remover as cascas (pergaminho) por meio do atrito entre os grãos e as paredes do primeiro módulo octogonal de descascamento (1161).

[081] Ao passarem pela câmara de descascamento, as cascas e os grãos de café são despejados em um compartimento de aspiração, particularmente uma bandeja de alimentação do elevador (103). Nesse momento, o ventilador de aspiração (112), movimentado por um motor de 15 CV faz a sucção das impurezas por meio da tubulação de aspiração do módulo de descascamento (1171). A velocidade do ventilador de aspiração (112) varia a pressão entre 2666,44 Pa e 15998,64 Pa (20 e 120 mmCA). O valor de referência de pressão é controlado automaticamente por meio da velocidade do ventilador de aspiração (112) que varia entre 50 e 60 Hz.

[082] O café limpo passa pelo compartimento de entrada de grãos (101), tal como uma moega, por meio do elevador de repasse (104), movimentado por um motor (105) do elevador de repasse de 1 CV de potência. O café é conduzido até a entrada da moega de repasse (107), então, os grãos caem diretamente no segundo módulo octogonal (1162),

responsável pelo polimento. Esse processo ocorre semelhantemente ao descascamento, por meio da fricção dos grãos com as paredes do módulo de polimento, visto que, o teor de fricção é menor do que no processo de descascamento para não danificar os grãos, o objetivo é retirar apenas as impurezas residuais que não foram removidas durante o processo de descascamento.

[083] Após ser processado pelo segundo módulo octogonal (1162), os resíduos extraídos dos grãos são aspirados por uma segunda tubulação (117), em particular, uma tubulação de aspiração do módulo de polimento (1172). No final, o café é transportado até a bica de saída do grão (118), pronto para ser ensacado ou armazenado.

[084] A Figura 1 mostra uma máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica (100) em que ocorre, os processos de descascamento e polimento do café.

[085] A máquina beneficiadora de grãos do estado da técnica (100) é totalmente manual e não provém de sistemas de controle e monitoramento para melhoria do beneficiamento do café.

[086] Para reduzir as dificuldades de operação e aprimorar o monitoramento da máquina, algumas soluções são implementadas pela presente invenção: monitoramento e controle de pressão, monitoramento de temperatura do grão, detecção e localização de falhas, controle de motores, coleta e armazenamento de dados com histórico de funcionamento dos dispositivos, monitoramento da máquina por meio de emissão de sinais sonoros e visuais, comunicação eficaz por meio de protocolos de rede de automação industrial, controle automático do fluxo de ar na tubulação de sucção/aspiração

por meio de aquisição de valores de pressão dentro da tubulação de aspiração (117).

[087] O sistema de controle de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas monitora e controla o descascamento e polimento dos grãos de café por meio da instalação de sensores e dispositivos eletrônicos nos principais componentes da máquina agrícola (200). Esse controle facilita a interação do operador com o equipamento, desde o acionamento até os ajustes dos dispositivos para adequar o processo à demanda exigida, além de disponibilizar a extração de relatórios de utilização.

[088] A detecção de falhas possibilita o intertravamento da máquina. O processo é intertravado e programado para atuar em lógica de automação, para garantir a segurança dos dispositivos em prol da qualidade de funcionamento, além de evitar prejuízos, tanto materiais diretamente na máquina, quanto financeiros pelo desperdício ou perda de qualidade do café.

[089] O intertravamento pode operar tanto em um modo "remoto", quanto em um modo "local". No modo "remoto", a interface de controle industrial envia e recebe sinais por meio da rede Modbus RTU, com isso, aciona todos os motores e faz a lógica de segurança do sistema.

[090] Através do monitoramento da corrente elétrica dos principais motores da máquina, implementado por um sistema de detecção de falhas ou mal funcionamento/operação da máquina, detecta-se, por exemplo, sobrecargas de trabalho.

[091] O monitoramento da temperatura do café processado ocorre na bica de saída (118) por meio de um

sensor de temperatura (203), conforme representado nas Figuras 5 e 7. Este recurso permite identificar anormalidades no processo de descascamento, auxiliando o operador em sua tomada de decisão ao ajustar os parâmetros da máquina.

[092] O controle de partida dos motores evita problemas elétricos e aumenta a vida útil dos equipamentos. Além disso, ajuda a reduzir o consumo de energia elétrica por meio da utilização de um dispositivo *Soft Starter* (201) no motor principal (115) dos módulos octogonais (116) e um inversor de frequência (205) no motor de aspiração (114). É possível também, realizar a variação de velocidade do motor de aspiração (114).

[093] A coleta e armazenamento de dados com histórico de funcionamento dos dispositivos (OEE - *Overall Equipment Effectivences*) viabiliza a criação de um plano de manutenção programada.

[094] O monitoramento do funcionamento da máquina agrícola (200) ocorre por meio de dispositivos de alarmes visuais e sonoros (206) com advertências sonoras e visuais e paralisa a operação quando houver problemas nos principais dispositivos da máquina agrícola (200).

[095] A comunicação entre os dispositivos é estabelecida por meio de uma rede de automação industrial, para facilitar a integração de todos os sensores e equipamentos eletrônicos, além de proporcionar a instalação de novos equipamentos em soluções futuras.

[096] A conexão entre os dispositivos no âmbito de automação industrial é utilizada por meio de uma rede de comunicação (209) industrial para atuar na troca de informações rápidas, eficientes e dinâmicas. Os protocolos

mais comuns são as redes Ethernet, Profinet, Profibus, CanOpen, Modbus, dentre outros.

[097] Realizou-se testes tendo como objetivo estudar a eficiência da instrumentação e comunicação entre os diversos dispositivos de medição, monitoramento e controle utilizados. Realizou-se também a parametrização do inversor de frequência (205), a programação e a criação de telas para a interface de controle industrial, programação do SoftPLC, testes com os sensores de corrente (208), sensor de pressão (204) e sensor de temperatura (203), além dos testes com a rede Modbus RTU atuando com vários dispositivos interconectados entre si.

[098] Em uma modalidade preferencial da invenção foi utilizado especificamente a rede de comunicação (209) Modbus RTU. A rede Modbus RTU é universal, fácil de utilizar e não exige complexidade na comunicação e volume de dados.

[099] A validação do sistema de automação proposto foi realizada por meio de diversos testes no sistema real em ambiente fabril. A instrumentação da máquina no sistema real contemplou a análise dos resultados obtidos por meios do seu funcionamento. Foram inseridos os programas em Ladder no SoftPLC e as telas da interface de controle industrial e, com isso, validou-se o funcionamento da máquina atrelado à programação proposta.

[0100] A interface de controle industrial, tal como o controlador (210), atua como mestre da rede, envia e recebe informações para o inversor de frequência, para o SoftPLC (controle dos processos), para o sensor de corrente (208) e para a *Soft Starter* (201). Esse processo é realizado em tempo real por meio de uma conexão, em que todos os dispositivos

podem se conectar utilizando endereços numéricos da rede. Todos estes dispositivos geram sinais que são compartilhados por meio de uma rede.

[0101] A interface de controle industrial controla uma grande parte do sistema de automação, faz a aquisição de dados, apresenta as variáveis do processo em tempo real e proporciona a comunicação e a interação entre o operador e a máquina de forma dinâmica e com facilidade.

[0102] A interface homem-máquina, tal como a interface de controle industrial atua como mestre da rede, pode ser implementada através de um display e por um programa de computador. Ainda disponibiliza as informações do sistema na tela gráfica.

[0103] A interface homem-máquina do sistema agrupa o controle dos módulos do sistema e suas respectivas funções. A dita interface dispõe de telas com funções para todos os dispositivos, sensores, alarmes, funções de monitoramento, detecção de falhas e intertravamento. Os dados do sistema de controle de pressão e monitoramento da temperatura, monitoramento, detecção e localização de falha, controle de aspirador, informações de motores, relatórios e histórico de funcionamento podem ser visualizados por meio da interface homem-máquina. Todas as informações relevantes sobre o processamento do grão podem ser consultadas pelo operador do sistema.

[0104] Todos os eventuais alarmes em caso de anomalias no sistema, fornecem detalhadamente as informações sobre o erro decorrido e descreve o registro sobre a falha, além de constar o horário da ocorrência. As informações expostas são providas pelos sensores de pressão (204), sensor

de temperatura (203), sensor de corrente (208), inversor de frequência (205) e *Soft Starter* (201). Alguns dados são coletados diretamente nos dispositivos, outros da programação do SoftPLC, resultado do intertravamento de segurança para condições que podem danificar os componentes da máquina.

[0105] Exemplarmente, durante o processamento do café, os grãos se aquecem devido à fricção com as paredes dos módulos de descascamento e polimento e, com isso, é primordial monitorar a temperatura dos grãos para que estejam entre 20° e 45°C. Se a temperatura ultrapassar esses valores pode ocasionar danos à qualidade do produto, razão pela qual o monitoramento da temperatura é crucial nesse processo.

[0106] O monitoramento de temperatura garante que o operador acompanhe os valores de temperatura para mantê-los sempre dentro da faixa adequada. O monitoramento é realizado na bica de saída do grão (118) da máquina agrícola (200).

[0107] O sistema de controle automatizado de pressão, monitoramento, detecção e localização de falhas opera por meio do controle em malha fechada da pressão dentro da tubulação (117). O operador deve definir o valor de referência de pressão (SetPoint) e o sistema atua automaticamente para manter a pressão estabilizada dentro da tubulação (117), variando a velocidade do motor de aspiração (114) do ventilador de aspiração (112) de acordo com a variação da pressão.

[0108] O sistema ainda conta com um módulo de monitoramento por meio de alarmes para o monitoramento de todo o processamento do grão.

[0109] Uma barra de alarmes é disponibilizada para facilitar a tomada de decisão em caso de falhas no sistema. Ainda nessa interface gráfica é possível visualizar todas as variáveis manipuladas no controle e ainda um gráfico para acompanhamento dos valores de pressão e outro gráfico para acompanhamento dos valores de temperatura.

[0110] O sistema de controle de pressão, monitoramento, detecção e localização de falhas dispõe de relatórios e backup automático de todos os dados dos processos e métodos.

[0111] Se houver sobrecarga em qualquer motor, será exibido um alarme na interface homem-máquina, seguido de sinalização visual e sonora.

[0112] Na realização preferencial da invenção, o sistema é dotado de dois módulos de beneficiamento (116), tal como um módulo octogonal de descascamento (1161) e um módulo octogonal de polimento (1162). O motor de acionamento dos módulos de beneficiamento (116) é o motor principal (115) da máquina agrícola (200).

[0113] O motor principal (115), por trabalhar com alto índice de carga, está propício a sobrecargas que podem danificá-lo e causar danos aos componentes do módulo de beneficiamento (116). Diante disso, foi desenvolvido um sistema de intertravamento específico para a máquina.

[0114] O sistema de monitoramento, detecção e localização de falhas garante a detecção de anomalias no funcionamento da máquina agrícola (200). Quando houver sobrecargas, será acionado um sinaleiro audiovisual e exibirá na tela da interface de controle uma mensagem mostrando que a corrente está acima do valor usual, caso

essa anomalia ultrapasse o tempo estipulado para suportar a condição, a máquina agrícola (200) será desligada automaticamente e uma mensagem constando o motivo do desligamento aparecerá em todas as telas da interface.

[0115] A Figura 9 apresenta o fluxograma de detecção de anomalias do método de controle de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas (500).

[0116] O controle da temperatura garante o desligamento automático da máquina agrícola (200) por excesso de temperatura, o qual ocorre quando os valores persistirem acima do ideal. Ao ultrapassar os valores ideais, por um limite de tempo estipulado, todo o sistema será desligado, acionando os dispositivos de alarmes visuais e sonoros (206) no painel e na interface homem-máquina (211).

[0117] Todos os alarmes são conectados com o controlador (210) e com a interface homem-máquina (211) ou seja, qualquer acontecimento que exponha a máquina a um determinado erro ou falha de qualquer dispositivo será mostrado na interface de alarmes.

[0118] Como descrito, a máquina agrícola usual do estado da técnica (100), não dispõe de controle da velocidade de aspiração das cascas do café, ou seja, para controlar o fluxo de sucção deve-se regular manualmente os dampers para entrada de ar atmosférico e, assim, pode-se aumentar ou diminuir a pressão dentro da tubulação (117) e, conseqüentemente, aspirar menos cascas ou vice-versa. No entanto, este ajuste deve ser preciso para que a aspiração seja eficiente, pois, os grãos de café podem ser aspirados juntamente com as cascas ou também podem ser aspiradas menos cascas do que o ideal.

[0119] O sistema de controle automatizado de pressão, monitoramento, detecção e localização de falhas ainda conta com um controle de malha fechada para controlar a pressão de sucção dentro das tubulações de aspiração (117) da máquina agrícola (200), independente da condição de fechamento dos dampers de entrada de ar (111). O sistema de controle automatizado de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas visa identificar grãos de café juntamente com as cascas aspiradas, pois, pelo fato de a densidade dos grãos ser maior do que as cascas, a pressão dentro da tubulação de aspiração (117) tende a se alterar quando houver grãos juntamente com as cascas, então, o controlador (210) atua para manter a pressão dentro da faixa de valores estipulados.

[0120] O sistema de controle automatizado de pressão, monitoramento, detecção e localização de falhas passou pela aquisição de dados do processo, a sua modelagem e, por fim, a sintonia dos parâmetros do controlador (210).

[0121] O sensor de pressão (204) faz a leitura dos sinais de pressão, os envia ao registrador que processa as informações, disponibiliza no indicador e envia ao controlador (210), o qual atua sobre a velocidade do motor de aspiração (114) para manter a pressão dentro da faixa de referência do sistema de controle de pressão.

[0122] Os testes estáticos e dinâmicos foram realizados para conhecer o comportamento do processo, permitindo caracterizar a máquina agrícola (200) e realizar a modelagem do sistema de controle automatizado de pressão. A presente invenção configura-se como uma abordagem de modelagem caixa preta, ou seja, não havia nenhum conhecimento

prévio sobre o comportamento estático e dinâmico das variáveis envolvidas no processo de descascamento e polimento do café.

[0123] Realizou-se vários ensaios para caracterizar os estágios de funcionamento do sistema, principalmente no que tange à influência do nível de fechamento dos dampers de entrada de ar (111), além da resposta da referência de velocidade do motor.

[0124] Para realizar a extração dos sinais de velocidade, utilizou-se os sinais disponíveis a partir do inversor de frequência (205). Na obtenção dos valores de pressão, utilizou-se um sensor de pressão absoluta (pressão negativa). Para encontrar o melhor local de instalação do sensor, foram realizados vários testes em diferentes pontos ao longo das tubulações de aspiração (117), chegando à conclusão de que o melhor local para instalação foi próximo ao dampers de entrada de ar (111). Cada tubulação (217) conta com um damper de entrada de ar (111) regulável. A localização dos sensores de pressão (204) está entre 10 e 25 cm da abertura dos dampers de entrada de ar (111).

[0125] Alguns ensaios foram realizados para conhecer o comportamento da pressão em relação à variação da velocidade, ao levar em consideração a combinação de fechamento dos dampers de entrada de ar (111).

[0126] Um ensaio de caracterização estática da pressão do sistema de aspiração conforme exposto na Figura 4, considerou diferentes configurações de fechamento de dampers de entrada de ar (111). Assim, a condição em que os dampers de entrada de ar (111) ficam totalmente fechados, propicia uma maior faixa de controle de pressão e, ainda

pode proporcionar economia de energia elétrica pelo fato de obter altos valores de pressão com baixa velocidade do motor de aspiração (114).

[0127] Após efetuar a média dos valores no gráfico da Figura 10, é possível demonstrar as curvas estáticas de pressão por velocidade. A partir desses dados é possível evidenciar as diferenças de comportamento do sistema em relação aos valores de pressão dentro da tubulação de aspiração (117), levando em consideração o fechamento dos dampers de entrada de ar (111), mostrando que se trata de uma curva estática não linear.

[0128] A partir dos ensaios estáticos, foi definido que os ensaios dinâmicos ocorreriam nas condições abordadas nos ensaios estáticos, com os dampers de entrada de ar (111) totalmente fechados, pois, seria possivelmente o ponto de operação ideal da máquina agrícola (200). Realizou-se ensaios de perturbações no sistema, como entrada degrau e a variação de fechamento dos dampers de entrada de ar (111). Os primeiros ensaios dinâmicos consistiram na velocidade do motor entre 50 e 60 Hz.

[0129] A partir da caracterização do sistema por meio dos ensaios estáticos e dinâmicos, foi possível utilizar os dados extraídos do processo para realizar a modelagem matemática do sistema e sintonizar o controlador de pressão dentro das tubulações de aspiração (117). Assim, a entrada do modelo é a velocidade angular do motor em Hz e a saída é a pressão dada em pascal (Pa).

[0130] Foram utilizados dois métodos de identificação de sistemas aplicado a sistemas de primeira ordem com tempo morto e aplicado a sistemas de segunda ordem,

também com tempo morto. Inicialmente, realizou-se o ensaio com um conjunto de dados que consta a velocidade máxima do motor em 60 Hz, utilizando a curva de resposta ao degrau unitário de subida.

[0131] Os modelos foram validados com o conjunto de dados de velocidade máxima do motor correspondente a frequência de 50 Hz e 60 Hz.

[0132] Ao comparar os modelos, foi calculado o erro médio quadrático entre os modelos identificados.

[0133] Após realizar a identificação do modelo dinâmico do sistema de aspiração, realizou-se a sintonia do controlador para ajustar ganhos e garantir o melhor sinal de controle. Levando em consideração que se identificaram dois modelos dinâmicos, primeira e segunda ordem, foram utilizados três modelos de controladores para sintonizar o sistema.

[0134] Definidos os ganhos dos controladores, realizou-se os ensaios para análise das melhores respostas do sistema de controle. Inseriu-se os ganhos dos controladores no bloco PID do SoftPLC, onde se tem como período de amostragem o tempo de 0,05s e o filtro do bloco delimitado em 0,05s. Os dados foram gerados por meio de sensores, enviados ao SoftPLC pela entrada analógica com o filtro delimitado em 0,5s. Por meio da rede Modbus RTU, a interface de controle armazena os dados no período de amostragem em 0,1s, sendo esse o menor tempo disponível no dispositivo.

[0135] Os testes foram compostos por uma sequência de combinações de abertura e fechamento dos dampers de entrada de ar (111) e de dois valores distintos de referência

de pressão (SetPoints), -6666,1 Pa (-50 mmCA) e -833,70125 Pa (-85 mmCA). Com a análise do fechamento dos dampers de entrada de ar (111) pode-se mensurar como um distúrbio afeta o sistema em malha fechada, sendo possível analisar a resposta do controlador a interferências no processo. Também se gerou os gráficos com a curva que representa a velocidade de referência do motor de aspiração (114) ou a variável manipulada, em que é possível analisar o esforço do motor de aspiração (114).

[0136] O parâmetro para filtrar o sinal na entrada analógica do inversor de frequência (205) é definido com a constante de tempo do filtro, que ocorre entre 0,2s e 0,7s, preferencialmente em 0,5s. Utilizou-se essa configuração para extração dos conjuntos de dados e posteriormente para modelagem dinâmica do processo.

[0137] Ensaios de validação do sistema também demonstraram que o sistema se comporta adequadamente quando submetidos a uma perturbação para alterar o valor de referência do sistema (SetPoint). Não ocorre oscilações que podem influenciar na resposta do sistema.

[0138] Na Figura 11, é divulgado a resposta do sistema de controle de pressão. É observado a resposta do sinal de controle de pressão ao modificar os valores de referência de pressão (Setpoint) e alterar o nível de fechamento dos dampers de entrada de ar (111).

[0139] O ensaio de validação do controlador, como mostrado na Figura 11, indica que a condição inicial do controlador está com o SetPoint em -6666,1 Pa (-50 mmCA) e os dampers (111) totalmente fechados, a velocidade é de 38 Hz. Aproximadamente no instante 3s, ao alterar o SetPoint

para -7999,32 Pa (-60 mmCA), a velocidade passa a ter valores próximos a 42 Hz. No instante 4s, quando o valor de referência é submetido à pressão -10665,76 Pa (-80 mmCA), a velocidade sobe para valores próximos a 48 Hz. Ao reduzir o SetPoint para -6666,1 Pa (50 mmCA), a velocidade volta a se estabilizar em aproximadamente 38 Hz. Após voltar à condição inicial, por volta de 10s, provocou-se uma perturbação em que se alterou a condição do damper de entrada de ar (111), de 100% para 75% de fechamento, com isso, a velocidade sobe para aproximadamente 48 Hz.

[0140] Isso mostra que todos os testes realizados para caracterizar a máquina, adquirir os dados dinâmicos, identificar e modelar o sistema, extrair os ganhos, definir os controladores, sintonizá-los e fazer comparações para comprovar os métodos desenvolvidos, foram essenciais para se atingir os objetivos propostos, em que se almejou projetar um controlador que proporcionasse uma resposta do sistema satisfatória para controlar a pressão dentro da tubulação de aspiração de impurezas da máquina.

[0141] Vantajosamente, a condição ideal de fechamento dos dampers de entrada de ar (111) se configura como totalmente fechados para o ar atmosférico. Além de proporcionar economia de energia ao incidir em maiores valores de pressão nessa condição, consequentemente proporciona menor esforço do motor.

[0142] O sistema em malha fechada permite maior precisão nos resultados, visto que, os ajustes são feitos automaticamente pela realimentação dos valores medidos do sistema. Ainda se nota que a malha fechada de controle proporciona condições em que o sistema atue automaticamente

de acordo a demanda, ou seja, o controlador (210) atua para que a velocidade do motor de aspiração (114) seja suficientemente adequada à necessidade de aspiração.

Listagem de referências:

- 100 - Máquina de beneficiamento de grãos do estado da técnica
- 101 - Entrada de grãos (Moega de entrada);
- 103 - Bandeja de alimentação do elevador;
- 104 - Elevador de repasse;
- 105 - Motor do elevador;
- 106 - Tubulação de alimentação do repasse;
- 107 - Moega de repasse;
- 111 - Dampers de entrada de ar;
- 112 - Ventilador de aspiração;
- 113 - Bica de saída de sujidades;
- 114 - Motor de aspiração;
- 115 - Motor principal;
- 116 - Módulo de beneficiamento;
- 1161 - Módulo octogonal de descascamento;
- 1162 - Módulo octogonal de polimento;
- 117 - Tubulação de aspiração;
- 1171 - Tubulação de aspiração do módulo de descascamento (cascas);
- 1172 - Tubulação de aspiração do módulo de polimento (impurezas);
- 118 - Bica de saída do grão;
- 200 - Máquina agrícola
- 201 - Soft Starter;
- 203 - Sensor de temperatura;
- 2031 - Elemento primário de temperatura;
- 2032 - Transmissor de temperatura;

204 - Sensor de pressão;
205 - Inversor de frequência;
206 - Dispositivos de alarmes visuais e sonoros;
208 - Sensor de corrente;
2081 - Elemento primário de corrente elétrica;
2082 - Transmissor indicador de corrente;
209 - Rede de comunicação;
210 - Controlador;
211 - Interface homem-máquina;
500 - Fluxograma de detecção de anomalias do método de controle de pressão, monitoramento, detecção e localização de falhas.

REIVINDICAÇÕES

1. Um sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios, compreendendo um sistema de controle de pressão, para automatizar um fluxo de ar, sendo a máquina agrícola (200) dotada de uma entrada de grãos (101) que alimenta um ou mais módulos de beneficiamento (116) que é acionado por um motor principal (115); a saída de um ou mais módulos de beneficiamento (116) é conectada a um compartimento de aspiração onde são depositados os grãos beneficiados e as sujidades; um ventilador de aspiração(112), ligado ao compartimento de aspiração, por meio de uma tubulação de aspiração (117), aspira as sujidades, sendo que uma bica de saída (118) do compartimento de aspiração fornece os grãos beneficiados caracterizado pelo fato de um sensor de pressão (204) ser instalado em pelo menos uma tubulação de aspiração (117) de um ou mais módulos de beneficiamento (116); o sensor de pressão (204) é conectado eletronicamente a um controlador (210) em malha fechada; o dito controlador (210) em malha fechada é conectado ainda a um dispositivo inversor de frequência (205) que regula a velocidade do motor de aspiração (114) do ventilador de aspiração(112) em função dos sinais gerados por pelo menos um sensor de pressão (204).

2. O sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o motor principal (115) da máquina agrícola (200) acionar um ou mais módulos de beneficiamento (116).

3. O sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios,

de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de um dispositivo *Soft Starter* (201) controlar o motor principal (115) da máquina agrícola (200).

4. O sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema de controle de pressão e uma interface homem-máquina (211) serem integrados por uma rede de comunicação com protocolo Modbus RTU.

5. O sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato da máquina agrícola (200) dotada de dois módulos de beneficiamento (116) consistindo em um módulo octogonal de descascamento (1161) e um módulo octogonal de polimento (1162), sendo o ventilador de aspiração (112) duplo, onde um fluxo de ar para cada módulo octogonal (1161; 1162) é fornecido.

6. O sistema automatizado para controlar uma máquina agrícola (200) processadora de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato da bica de saída (118) do compartimento de aspiração do um módulo octogonal de descascamento (1161) entregar os grãos descascados a um elevador de repasse (104) que fornecerá os grãos descascados ao módulo octogonal de polimento (1162).

7. Um método de monitoramento, detecção e localização de falhas em uma máquina agrícola (200) para beneficiamento de grãos alimentícios caracterizado por compreender as etapas de:

- monitorar a pressão em uma ou mais tubulações de aspiração (117); monitorar a temperatura do grão em uma bica de saída (118) do grão beneficiado; monitorar a corrente de um ou mais motores (105; 114; 115) por meio de pelo menos um sensor de corrente (208);
- controlar o fluxo de ar por meio da velocidade de rotação de um ventilador (112) em função dos sinais de um ou mais sensores de pressão (204);
- detectar falhas no funcionamento da máquina por meio da identificação de operação fora dos parâmetros predefinidos de um ou mais sensores de temperatura (203) dos grãos e um ou mais sensores de corrente (208) de um ou mais motores (105; 114; 115),
- localizar as falhas, sendo que a captação de sinais do sensor de temperatura (208) fora do parâmetro predefinido indica mau funcionamento do processo de beneficiamento dos grãos; a captação de sinais do sensor de corrente indica sobrecarga em um ou mais motores (105; 114; 115); a captação de sinais do sensor de pressão (204) fora do parâmetro predefinido indica mau funcionamento do sistema de controle de pressão em um ou mais motores de aspiração (114),
- ao se localizar uma falha são emitidos alarmes com sinalizações sonoras e/ou visuais para indicar a respectiva falha ou anomalias.

8. O método de monitoramento, detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas (200) para beneficiamento de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que um valor de

referência de pressão é controlado automaticamente por meio da velocidade do ventilador entre 50 e 60 Hz.

9. O método de monitoramento, detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas (200) para beneficiamento de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que na etapa de controle da velocidade de rotação de um ventilador (112) a definição de uma constante de tempo do filtro de entrada de sinal analógico do inversor de frequência (205) ser de 0,2 a 0,7s.

10. O método de monitoramento, detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas (200) para beneficiamento de grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que na etapa de detecção e localização de falhas, caso detectada alguma anomalia, é realizado o intertravamento da máquina agrícola (200), onde todos os motores (105, 114, 115) são desligados.

11. Sistema de detecção e localização de falhas em uma máquina agrícola (200) para beneficiamento de grãos alimentícios, sendo a máquina agrícola (200) dotada de uma entrada de grãos que alimenta um ou mais módulos de beneficiamento (116) que é acionado por um motor principal (115); um compartimento de aspiração recebe os grãos beneficiados e as sujidades na saída de cada módulo de beneficiamento (116); um ventilador (112) de aspiração, ligado ao compartimento de aspiração por meio de uma tubulação de aspiração (117) aspira as sujidades, sendo que uma bica de saída (118) do compartimento de aspiração fornece os grãos beneficiados caracterizado por compreender um sensor de temperatura (203) disposto na bica de saída (118)

do grão processado e um sensor de corrente elétrica (208) e dispositivos de alarmes visuais e sonoros (206).

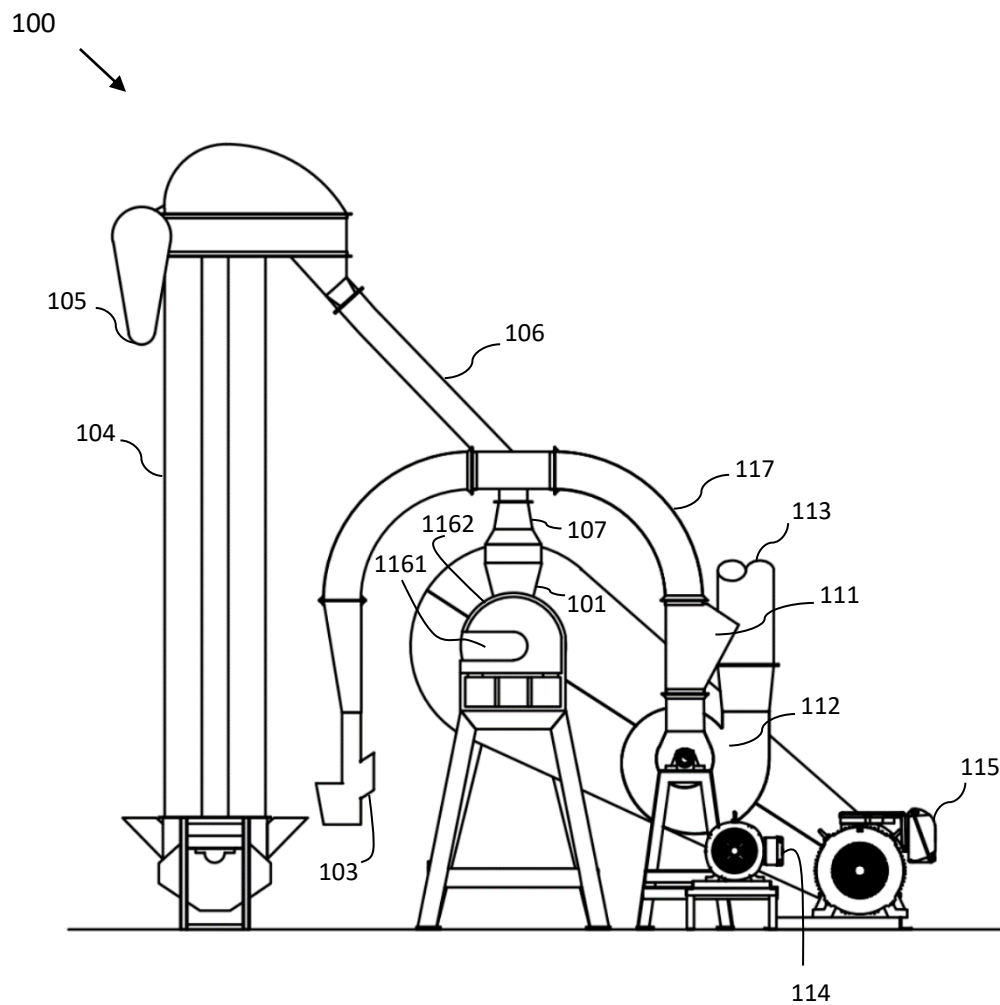
12. Uma máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos para descascamento, separação, polimento e ensaque dos grãos alimentícios, em que a máquina agrícola (200) compreende uma moega (101) de entrada dos grãos; a moega se comunica com um módulo de beneficiamento (116) constituído por um módulo octogonal de descascamento (1161) e um módulo octogonal de polimento (1162), em que o módulo de beneficiamento (116) é acionado por pelo menos um motor principal (115); a saída do módulo octogonal de descascamento (115) se comunica com um compartimento de aspiração, em que no dito compartimento de aspiração o grão descascado é submetido a aspiração por meio de um ventilador de aspiração (112) duplo que aspira as cascas por meio de uma tubulação de aspiração de cascas (1171); os grãos descascados são enviados a um elevador de repasse (104), em que o dito elevador de repasse (104) é acionado por um motor do elevador (105); o elevador se comunica com um módulo octogonal de polimento (1162), que tem como saída uma bica de saída de grão (118) polido; o ventilador de aspiração (112) aspira também as impurezas geradas pelo módulo octogonal de polimento (1162) por meio de uma tubulação de aspiração de impurezas (1172) caracterizado pelo fato de que a máquina agrícola (200) ser dotada de um sistema automatizado dotado de um controle de pressão, para automatizar um fluxo de ar, em que o fluxo de ar é controlado por meio de um controlador em malha fechada que controla a velocidade de rotação do ventilador de aspiração (112) duplo que provê um fluxo de ar de aspiração; a máquina agrícola

(200) compreende ainda um sistema de detecção e localização de falhas; o sistema de detecção e localização de falhas emite alarmes com sinalizações sonoras ou visuais quando a medição de variáveis monitoradas ficam fora de faixas estabelecidas como normais.

13. A máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos para descascamento, separação, polimento e ensaque dos grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de a temperatura dos grãos ser a variável controlada, sendo que um sensor de temperatura (203), disposto na bica de saída dos grãos (118), é parte integrante do dito controle.

14. A máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos para descascamento, separação, polimento e ensaque dos grãos alimentícios, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato da corrente elétrica ser a variável controlada, sendo que um sensor de corrente elétrica (208), que mede a corrente elétrica em um ou mais motores (105, 114, 115), parte integrante do dito controle.

15. A máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de grãos, de acordo com as reivindicações de 12 a 14, caracterizado pelo fato de que a máquina agrícola (200) é uma máquina descascadora e polidora de café pergaminho.



Estado da técnica

FIGURA 1

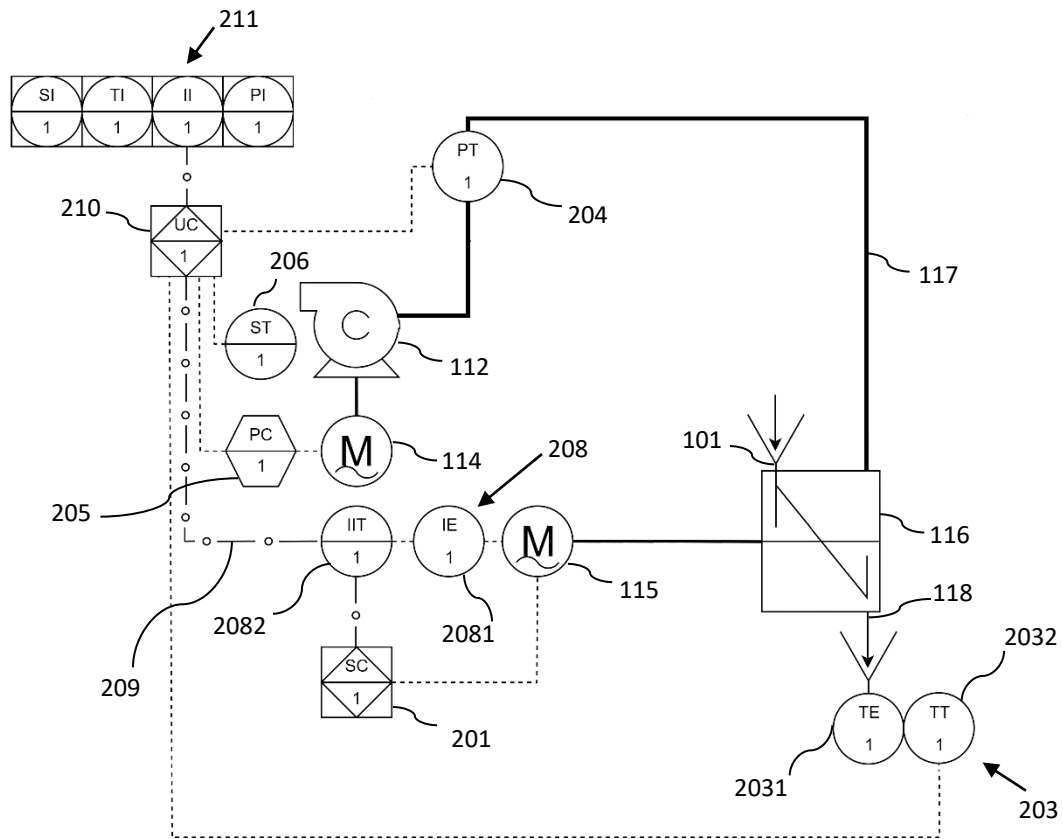


FIGURA 2

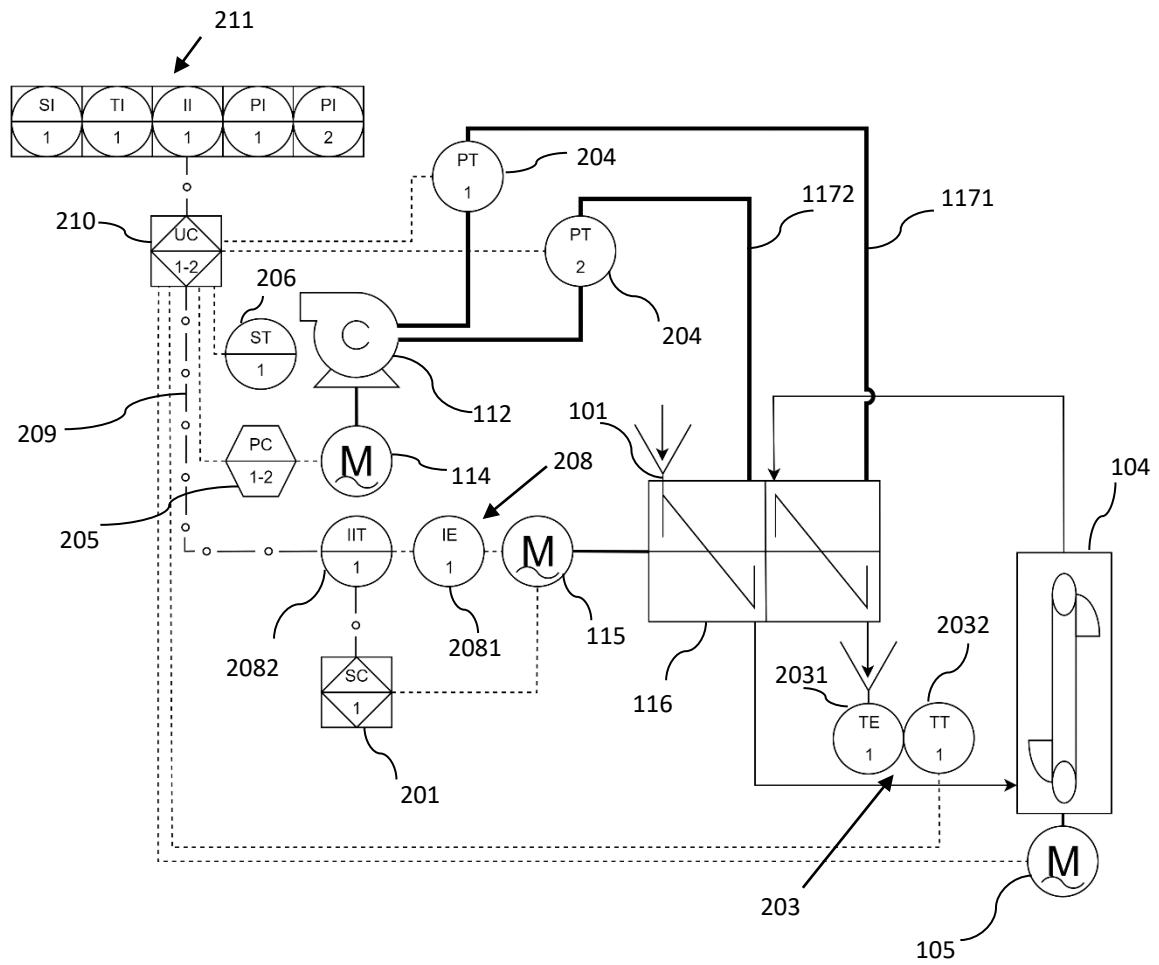


FIGURA 3

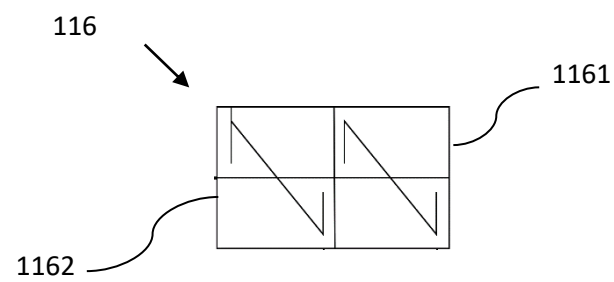


FIGURA 3a

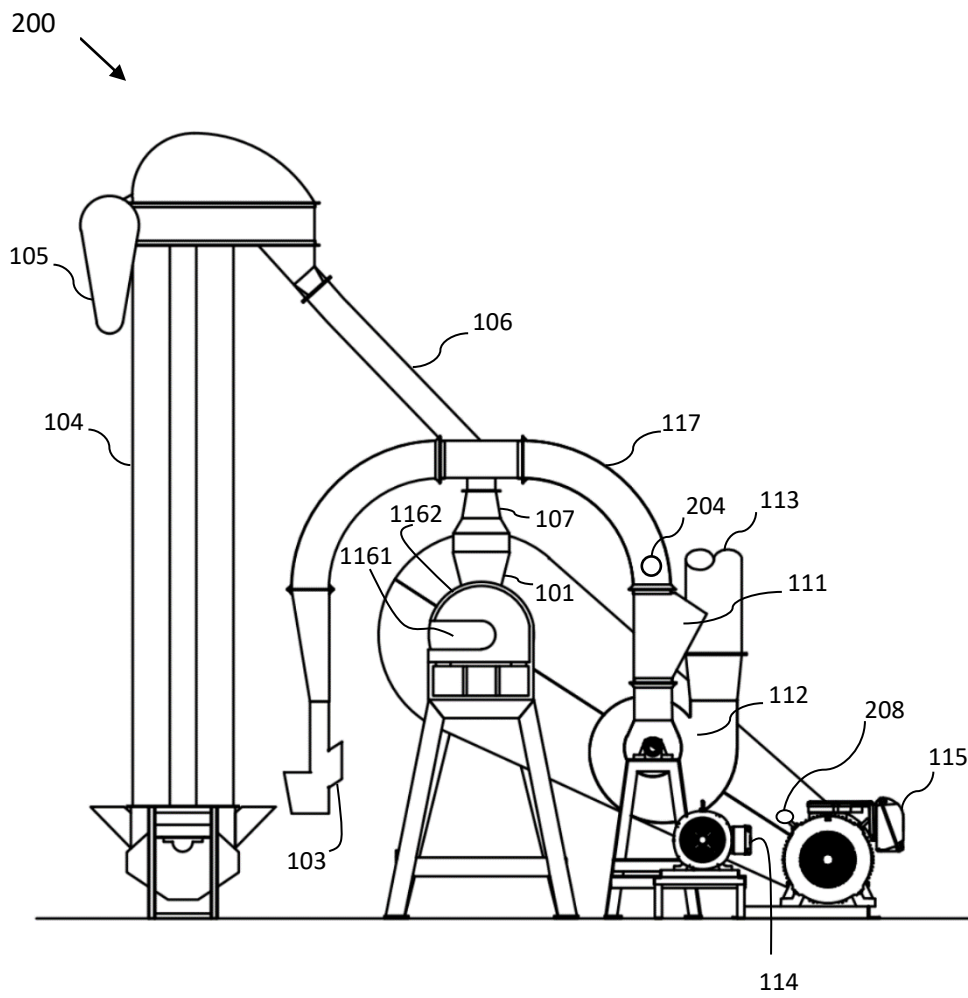


FIGURA 4

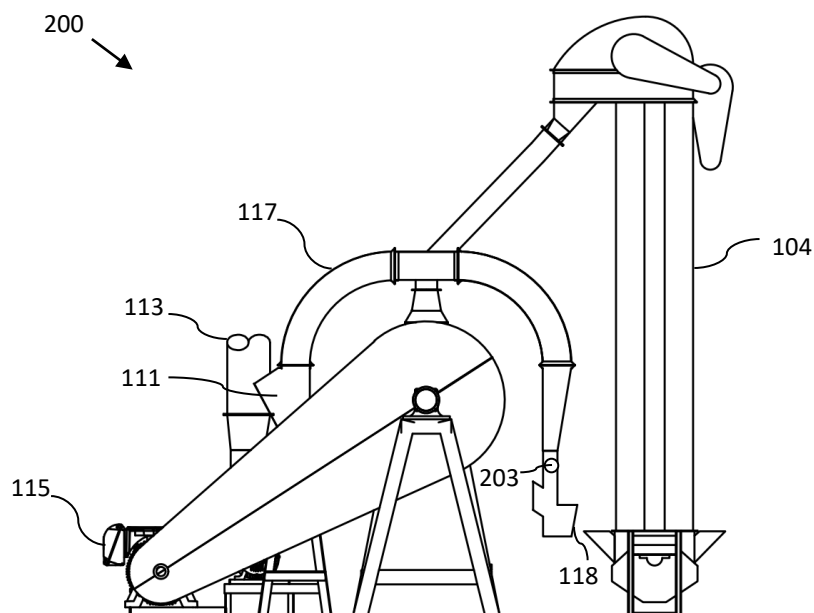


FIGURA 5

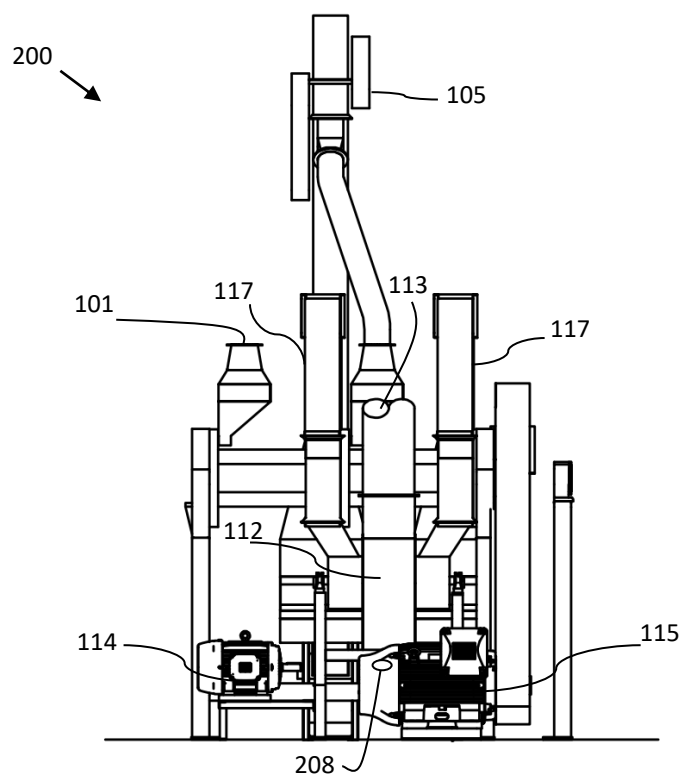


FIGURA 6

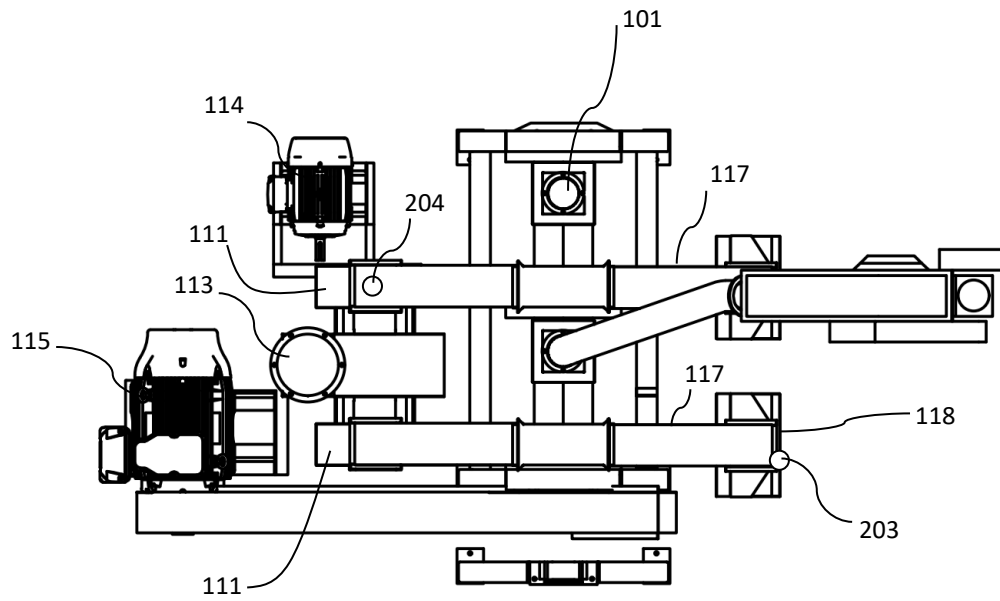


FIGURA 7

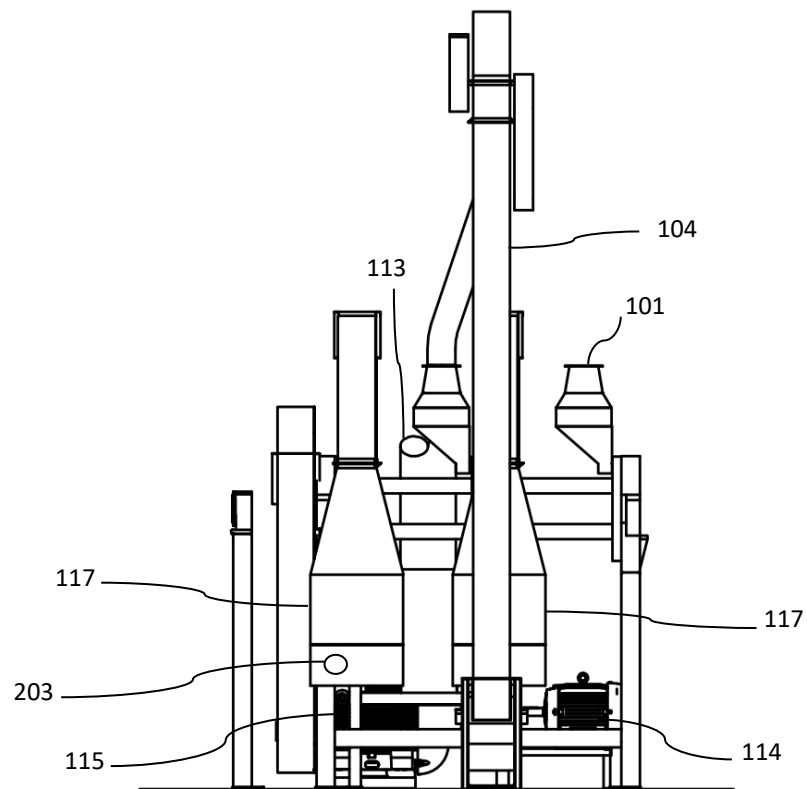


FIGURA 8

500

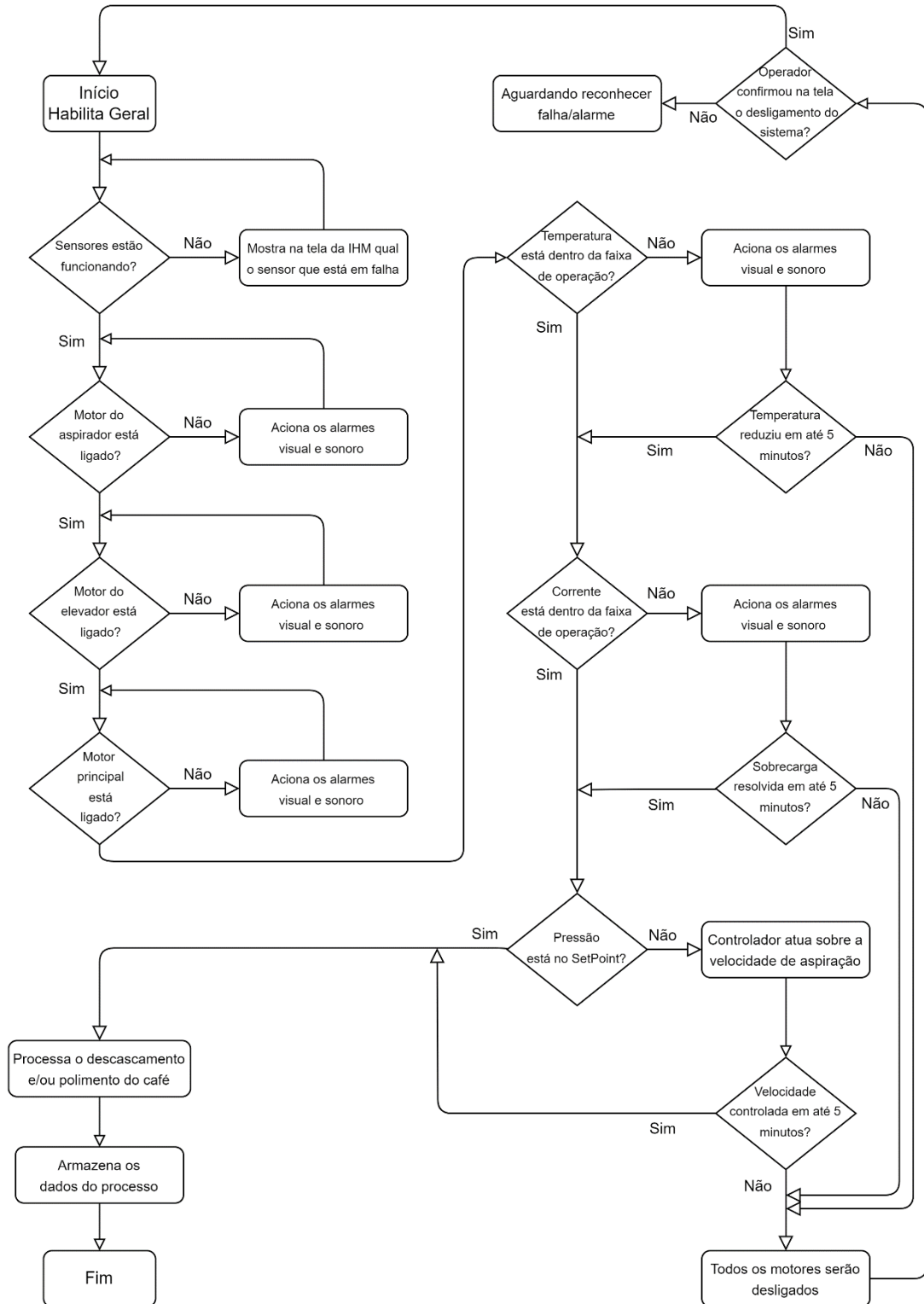


FIGURA 9

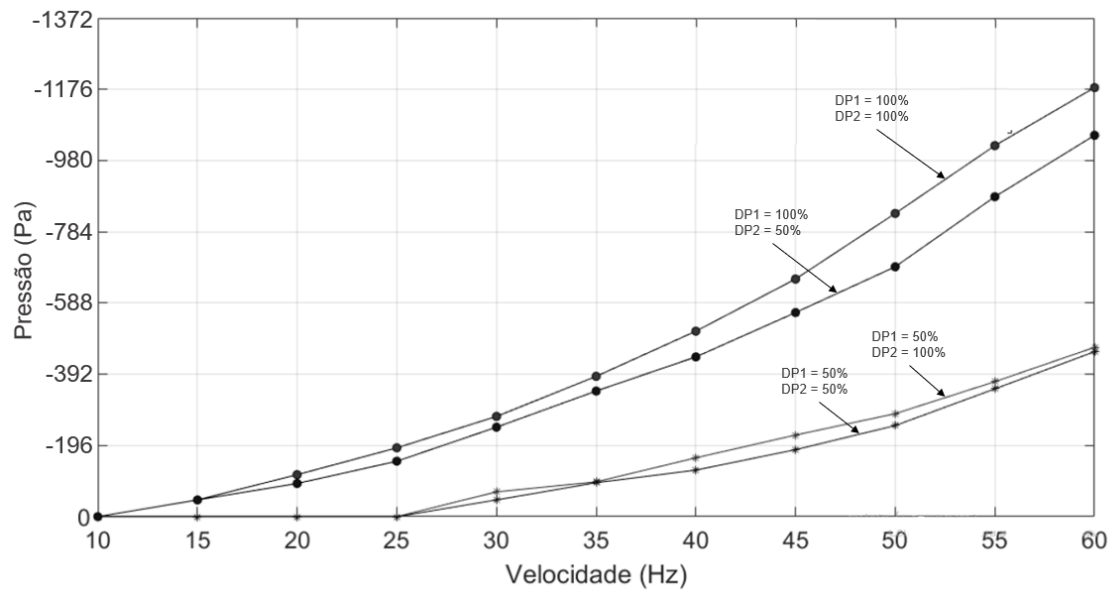


FIGURA 10

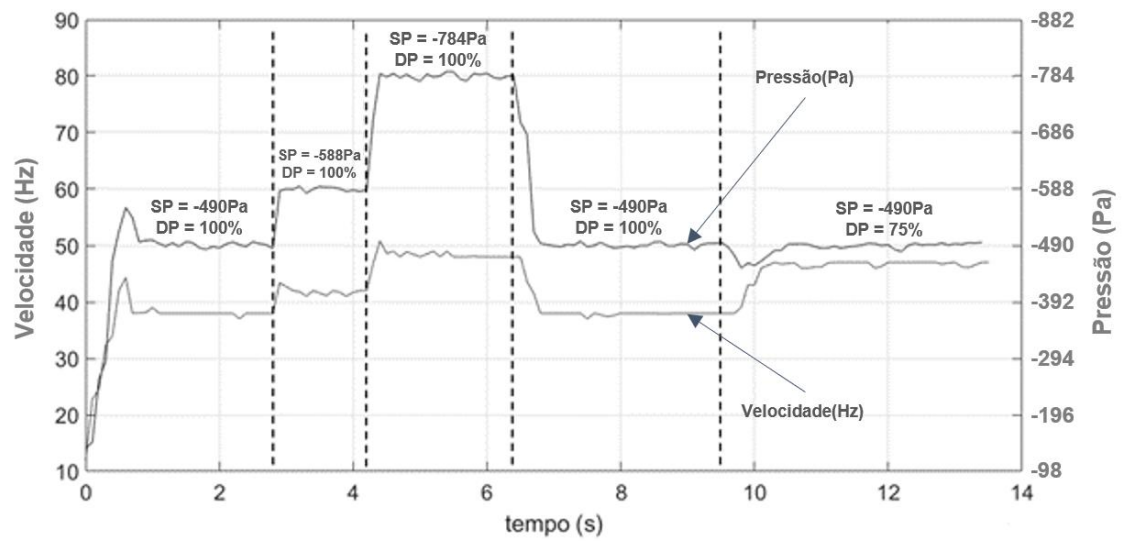


FIGURA 11

RESUMO**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UMA MÁQUINA AGRÍCOLA; MÉTODO DE MONITORAMENTO, DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA MÁQUINA AGRÍCOLA E MÁQUINA AGRÍCOLA AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRÃOS**

A presente invenção divulga um sistema e método de controle automatizado de pressão, monitoramento e detecção e localização de falhas em máquinas agrícolas (200) beneficiadoras de grãos. O sistema é composto por equipamentos eletrônicos de automação industrial, como sensores de pressão (204), sensor de temperatura (203) e sensor de corrente elétrica (208), *Soft Starter* (201), inversor de frequência (205) e dispositivos que coletam sinais para garantir o funcionamento automático de uma máquina agrícola (200). O sistema controla a velocidade de rotação de um ventilador de aspiração (112) duplo que provê um fluxo de ar de sucção e um fluxo de ar de aspiração para sucção de impurezas. O controle do sistema é feito por um controlador (210) em malha fechada. O dito sistema de controle automático da pressão (200) ocorre dentro das tubulações (217) para aspiração das impurezas provenientes do descascamento do grão, de forma a evitar que os grãos sejam aspirados juntamente com as cascas. O sistema provê de uma melhora de eficiência da máquina via interface homem-máquina para monitoramento e registro das principais variáveis, detecção e localização de falhas, com funcionalidades de intertravamentos para evitar danos à máquina e à qualidade do produto final.



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

COPIA OFICIAL
A LOS EFECTOS DE RECLAMAR PRIORIDAD

El documento adjunto es una copia fiel de una Solicitud de Depósito de Patente presentada regularmente ante el Instituto Nacional da Propiedade Industrial, con el número BR 102024011052-8, de fecha 06/03/2024.

Río de Janeiro, 13 de junio de 2025.

Firmado electrónicamente por:
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**Solicitud Nacional de Invención, Modelo de Utilidad, Certificación de Adición de Invención y entrada
en la fase nacional del PCT**

Número del proceso: BR 10 2024 011052 8

Datos del Depositante (71)

Depositante 1 de 2

Nombre o Denominación Social: PINHALENSE S/A MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Tipo de Persona: Persona Jurídica.

CPF/CNPJ: 54224423000114

Nacionalidad: brasileira.

Calificación Jurídica: Persona Jurídica.

Dirección: Rua Honório Soares, 80.

Ciudad: Espirito Santo do Pinhal.

Estado: SP

CÓDIGO POSTAL: 13990-000

País: Brasil

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Solicitante 2 de 2

Nombre o Denominación Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Tipo de Persona: Persona Jurídica.

CPF/CNPJ: 22078679000174

Nacionalidad: brasileña

Calificación Jurídica: Institución Docente e Investigadora.

Dirección: Trevo rotatório professor Edmir SÆ Santos, s/n.

Ciudad: Lavras

Estado: MG

CÓDIGO POSTAL: 37203-202

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Datos de la Solicitud

Naturaleza de la Patente: 10 - Patente de invención (PI)

Título de la invención o Modelo de Utilidad (54): SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UNA MÁQUINA AGRÍCOLA; MÉTODO DE MONITOREO, DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN UNA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN UNA MÁQUINA AGRÍCOLA Y MÁQUINA AGRÍCOLA AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRANOS

Resumen: La presente invención divulga un sistema y método de control automatizado de presión, monitoreo y detección y localización de fallas en máquinas agrícolas (200) procesadora de granos. El sistema está compuesto por equipos electrónicos de automatización industrial, tales como sensores de presión (204), sensor de temperatura (203) y sensor de corriente eléctrica (208), Soft Starter (201), variador de frecuencia (205) y dispositivos que recogen señales para asegurar el funcionamiento automático de una máquina agrícola (200). El sistema controla la velocidad de rotación de un ventilador de aspiración (112) doble que proporciona un flujo de aire de succión y un flujo de aire de aspiración para la succión de impurezas. El control del sistema se realiza mediante un controlador (210) en lazo cerrado. Dicho sistema de control automático de presión (200) se produce en el interior de las tuberías (217) para aspirar las impurezas resultantes del descascarado del grano, con el fin de evitar que los granos sean aspirados junto con las cáscaras. El sistema proporciona una mejora en la eficiencia de la máquina a través de una interfaz hombre-máquina para monitorear y registrar las principales variables, detectar y localizar de fallas, con funcionalidades de enclavamiento para evitar daños a la máquina, y preservar la calidad del producto final.

Figura a publicar: 2

Datos del Procurador

Procurador:

Nombre o Denominación Social: Helcio Ferro Ricci

Número OAB:

Número API: 614

CPF/CNPJ: 09086500862

Dirección: Rua Domingos de Moraes, 2781 - CJ 1001.

Ciudad: São Paulo.

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 04035-001

Teléfono: (11) 2832-5707

Fax:

Correo electrónico: helcio.ricci@riccipi.com.br

Oficina:

Nombre o Denominación Social: RICCI & ASOCIADOS PROPRIEDADE INTELECTUAL S/S LTDA.

CPF/CNPJ: 60266137000114

Datos del Inventor (72)

Inventor 1 de 8

Nombre: FÁBIO AUGUSTO CIPOLI PEDROSO

CPF: 30437786854

Nacionalidad: brasileña

Cualificación física: Dirigente, presidente y director de empresa industrial, comercial o proveedora de servicios.

Dirección: Rua Artur Bernardes, nº 420, Jardim Paulista.

Ciudad: Espírito Santo do Pinhal.

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 13990-000

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 2 de 8

Nombre: DIOGO JORGE BARRETO

CPF: 25904178883

Nacionalidad: brasileña

Cualificación física: Gerente o supervisor de empresa industrial, comercial o proveedora de servicios.

Dirección: Avenida Hélio Vergueiro Leite, nº 505, Jardim Universitário.

Ciudad: Espírito Santo do Pinhal.

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 13990-000

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 3 de 8

Nombre: LUCAS DE MORAIS SILVA MARTINS

CPF: 29992578807

Nacionalidad: brasileira

Cualificación física: Ingeniero, arquitecto y similares

Dirección: Rua Carmen Ocete Marin, nº 143, Recanto da Serra

Ciudad: São João da Boa Vista

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 13873-470

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 4 de 8

Nombre: SILVIO BRENTGANI

CPF: 32008419827

Nacionalidad: brasileira.

Cualificación física: Ingeniero, arquitecto y similares

Dirección: Rua Vitor Assumpção Fagundes de Macedo, nº 45, Parque das Nações.

Ciudad: Espírito Santo do Pinhal.

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 13990-000

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 5 de 8

Nombre: DANTON DIEGO FERREIRA

CPF: 05483693647

Nacionalidad: brasileira.

Cualificación física: Profesor de educación superior.

Dirección: Rua das Gameleiras, nº 103, Jardim Eldorado.

Ciudad: Lavras

Estado: MG

CÓDIGO POSTAL: 37202-624

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 6 de 8

Nombre: BRUNO HENRIQUE GROENNER BARBOSA

CPF: 04428338651

Nacionalidad: brasileira.

Cualificación física: Profesor de educación superior.

Dirección: Avenida Francisco Reis Figueiredo, nº 140, Condomínio das Goiabeiras.

Ciudad: Lavras

Estado: MG

CÓDIGO POSTAL: 37203-016

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 7 de 8

Nombre: LUIZ DE GONZAGA FERREIRA JÚNIOR

CPF: 05696920675

Nacionalidad: brasileña.

Cualificación física: Ingeniero, arquitecto y similares

Dirección: Rua José Botelho Serra Negra, nº 354, Vila Bernardo

Ciudad: Nepomuceno

Estado: MG

CÓDIGO POSTAL: 37250-000

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Inventor 8 de 8

Nombre: ISRAEL ANDRADE LIMA

CPF: 03859488597

Nacionalidad: brasileña.

Cualificación física: Ingeniero, arquitecto y similares

Dirección: Rua Arnaldo Machado Florence, No. 125, Parque da Figueira

Ciudad: Espírito Santo do Pinhal.

Estado: SP.

CÓDIGO POSTAL: 13990-000

País: BRASIL

Teléfono:

Fax:

Correo electrónico:

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nombre
Comprobante de pago de la GRU 200	PP 766_depósito_GRU.pdf
Procuración	Pinhalense S.A. Máquinas Agrícolas.pdf
Procuración	Universidade Federal de Lavras.pdf
Informe Descriptivo	PP 766_Sistema de controle de pressão_relatorio_rev.pdf
Reivindicación	PP 766_Sistema de controle de pressão_reivindicações_rev.pdf
Dibujo	PP 766_Sistema de controle de pressão_figs.pdf
Resumen	PP 766_Sistema de controle de pressão_resumo_rev.pdf
Documento de cesión	Autorizações do inventor. pdf

Acceso al Patrimonio Genético

- ☒ Declaración Negativa de Acceso - Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente de invención no se obtuvo como resultado del acceso a la muestra de componente del Patrimonio Genético Brasileño, el acceso se realizó antes del 30 de junio de 2000 o no se aplica.

Declaración de veracidad

- ☒ Declaro, bajo pena de ley, que todas las informaciones proporcionadas anteriormente están completas y son verdaderas.

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UNA MÁQUINA AGRÍCOLA;
MÉTODO DE MONITOREO, DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN
UNA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE
FALLAS EN UNA MÁQUINA AGRÍCOLA Y MÁQUINA AGRÍCOLA
AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRANOS**

CAMPO DE LA INVENCION

[001] La presente invención se refiere al campo de maquinaria agrícola beneficiadora y separadora de granos. Se refiere más específicamente a un sistema y método automatizado de succión de impurezas que controla la presión dentro de las tuberías de aspiración para evitar la succión de granos junto con las impurezas. Además, la invención comprende además una máquina agrícola automatizada; un sistema automatizado de detección y localización de fallas para controlar la máquina agrícola y un método para monitorear, detectar y localizar fallas de dichas máquinas agrícolas beneficiadoras de granos alimenticios.

[002] En otras palabras, la invención comprende un sistema automatizado de control de presión que permite una succión más eficiente de las impurezas en general, lo que optimiza la aspiración para que los granos no sean aspirados junto con las impurezas. Es un sistema y método que utiliza controladores de circuito en lazo cerrado que mantienen la presión dentro del rango de operación óptimo para controlar el flujo de aire para la aspiración. El sistema también comprende el monitoreo y la detección y localización de fallas y de presión de una máquina agrícola beneficiadora de granos, mediante el control de variables.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[003] La cosecha de granos alimenticios cada año genera millones de toneladas de granos de los más diversos

tipos. Para la limpieza, el descascarado y el pulido de estos granos alimenticios, es necesario utilizar equipos especializados. Algunas maquinarias agrícolas tienen un control manual de presión para la aspiración de impurezas, lo que genera inconvenientes, tales como separar erróneamente los granos de las impurezas, además de un aumento en el consumo de energía.

[004] La separación de las impurezas de los granos generalmente se lleva a cabo en cuatro pasos bien definidos, en una máquina agrícola de beneficiado de granos accionada manualmente, del estado de la técnica.

[005] En el primer paso, el equipo en cuestión realiza el descascarado de los granos. Después del beneficiado, se lleva a cabo el segundo paso, por medio del flujo de aire que separa el grano de su cáscara. En el tercer paso, dicho equipo realiza el pulido de los granos y, finalmente, los granos son ensacados en sacos o bolsas, para su distribución.

[006] La máquina de beneficiado de granos de última generación tiene un sistema de aspiración de impurezas totalmente manual y no proviene de sistemas de control y monitoreo para mejorar el beneficiado de los granos. El sistema de una máquina beneficiadora de granos es simple y todos los ajustes se realizan manualmente por un operador. Las variables del proceso no son monitoreadas ni controladas, lo que conlleva inexactitudes, generando dudas e inseguridad al operador con respecto al uso del equipo.

[007] La realización manual del proceso es susceptible a fallas humanas. Un monitoreo manual no es capaz de extraer el mejor rendimiento de aspiración que el sistema

automatizado es capaz de proporcionar, como se propone en la presente invención.

[008] Debido a que es un sistema mecánico y depende de un operador experimentado para regular sus diversos parámetros, la falta de un sistema de detección de fallas para evitar pérdidas y las dificultades de monitorear y controlar el proceso se superan mediante la presente invención a través de un sistema automático de detección de fallas.

[009] La principal forma de llevar a cabo las cuatro etapas antes mencionadas es mediante el uso de descascaradores, pulidores y ventiladores, específicamente calculados para generar un flujo de aire suficiente para separar la suciedad generada por el descascarado de los granos; sin embargo, el flujo es constante y no hay control automático del flujo si hay un cambio en las características de los granos, como la densidad, el tamaño, el peso, etc.

[010] La operación manual proporciona algunas dificultades que han sido superadas por la presente invención.

[011] La máquina de beneficiado de granos del estado de la técnica no cuenta con medición de corriente eléctrica para identificar anomalías en el funcionamiento, como en caso de sobrecarga, problemas en la red eléctrica, mal funcionamiento del sistema motriz en relación con el motor, transmisión por correas, poleas o cualquier problema en la carga movida por el motor del módulo octogonal de descascarado/pulido.

[012] La velocidad de los motores de la máquina agrícola del estado de la técnica es fija y no hay un sistema de protección/amortiguación de arranque. No hay control de

velocidad en el motor de aspiración, por lo que el flujo de aire debe regularse manualmente mediante paletas. Al iniciar el proceso es fundamental que el operador observe en la tubería de descarte de impurezas si existe la presencia de café junto con las cáscaras retiradas de los granos y, en caso de existir, se debe regular manualmente el flujo de aire hasta encontrar la aspiración ideal. Como no hay monitoreo de variables de proceso a través de sensores, no es posible identificar rápidamente los problemas de operación, si los hay.

[013] En la máquina agrícola del estado de la técnica, el ajuste del chorro de granos desde los módulos octogonales se produce manualmente mediante contrapesos. Los ajustes deben ser precisos de acuerdo con el resultado de la remoción total de impurezas del café, porque si el chorro es bajo, se produce un sobrecalentamiento de los granos que deteriora la calidad del café. Si el chorro es excesivo, la remoción de impurezas puede resultar ineficaz. La máquina de beneficiado de granos del estado de la técnica no tiene un monitoreo de temperatura adecuado para evitar daños a los granos.

[014] Además, como la máquina de beneficiado de granos del estado de la técnica es manual, el plan de mantenimiento no suele tener en cuenta el número de horas trabajadas por la máquina.

[015] El estado de la técnica tiene algunos ejemplos de máquinas agrícolas para el beneficiado y la limpieza de granos. En particular, se hace referencia al documento JP2017056442, que muestra la necesidad de proporcionar una aspiradora para la separación de la paja del arroz. La solución propuesta por el documento en cuestión

es un descascarador dispuesto en la parte delantera del cuerpo de la máquina y un selector de oscilación dispuesto en la parte trasera del cuerpo de la máquina, con un conducto de aire de selección principal que hace que el arroz descascarado fluya por el descascarador hacia abajo y una aspiradora que se comunica con el extremo superior de este conducto de aire de selección principal que succiona y descarga el polvo. Para esto, se proporciona una válvula de encendido-apagado capaz de abrir y cerrar el cilindro de descarga de polvo del ventilador de succión y una puerta de entrada de aire ubicada por encima de la posición de cierre de esta válvula de encendido-apagado, donde la puerta de entrada de aire está provista de una manguera de chorro de aire para acoplarse.

[016] Otro ejemplo se describe en el documento CN104174453, el cual describe una máquina de enrollado doble para el descascarado y pulido de maíz. El flujo de aspiración depende de un sistema compuesto por tuberías, un ventilador, además de varios ajustes manuales que actúan directamente sobre el flujo de aire generado por el sistema de aspiración para funcionar de manera efectiva. Esto se traduce en una maquinaria agrícola de gran porte, además de requerir una intervención humana continua para ajustar manualmente las paletas que controlan el flujo de aire.

[017] Así, el estado de la técnica carece de soluciones relacionadas con la maquinaria agrícola para el descascarado de granos alimenticios con un modelo de aspiración eficiente, que poco dependa de la intervención del operador en el proceso, que además cuente con un sistema sencillo y eficiente, además de un sistema que opere de forma automática, con el fin de mejorar la eficiencia del proceso

y también generar valor económico para los pequeños y medios productores.

[018] Teniendo en cuenta lo anterior, el estado de la técnica se beneficiaría claramente de la introducción de un sistema automatizado que tenga un control automático de presión y un monitoreo, detección y localización de fallas para el flujo de aire para maquinaria procesadora de granos alimenticios, como, por ejemplo, el café.

[019] Con el fin de resolver los problemas del estado de la técnica, es un objeto de la presente invención presentar una máquina agrícola que comprende un sistema de control automático de máquinas agrícolas, en el que se produce el control automático de la presión para automatizar el flujo de aire; también existe un sistema para monitorear, detectar y localizar fallas para automatizar la maquinaria agrícola procesadora de granos alimenticios, preferiblemente granos de café, que permite una limpieza y un descascarado más eficiente del grano previamente cosechado.

[020] El sistema comprende un ventilador, preferiblemente de aspiración doble, para ambas tuberías, que aplica tanto aspiración como succión de aire para separar las impurezas, en particular las cáscaras de los granos.

[021] En una realización, hay un solo ventilador para proporcionar control y un control de presión dentro de un conducto para realizar el ajuste automático del flujo de aire de acuerdo con la densidad de los granos y las características específicas.

[022] El sistema implementa ventajosamente la automatización con sensores y dispositivos que contemplan la recopilación de datos para facilitar la creación de un plan de mantenimiento basado en la información extraída del

funcionamiento de la máquina, además de monitorear todas las variables y realizar un enclavamiento general del sistema para protegerlo.

[023] Otro objeto de la presente invención es presentar un sistema de control de tipo PID (proporcional, integral y derivado) en lazo cerrado de flujo de aire, en el que se proporciona un flujo de succión y un flujo de aspiración, en el que dicho sistema realiza el control de rotación del ventilador de acuerdo con la necesidad de aspiración, con el fin de aspirar solo las cáscaras y/o la suciedad.

[024] La presente invención presenta una forma de hacer que la maquinaria agrícola procesadora de granos alimenticios sea económicamente viable y asequible para el pequeño y medio productor agrícola.

[025] La invención divulga la implementación de un sistema de instrumentación y control automático en el proceso de descascarado y pulido de granos, preferentemente café, en una máquina agrícola, con el fin de perfeccionar los procesos involucrados a favor de una mayor productividad, mejor usabilidad, mejor eficiencia y reducción de costos, proporcionando una mayor calidad del producto.

[026] Por lo tanto, los objetos específicos de la invención son los siguientes:

- 1) instrumentar la máquina con equipos esenciales para mejorar el beneficiado de granos en todas las etapas de descascarado y pulido;
- 2) perfeccionar el sistema de aspiración de impurezas procedentes del descascarado de los granos mediante un sistema de control de presión de lazo cerrado, con el

fin de perfeccionar los ajustes operativos de este sistema;

- 3) realizar el control de presión para optimizar el proceso de succión de impurezas que permita una menor intervención humana en el proceso;
- 4) implementar un sistema de seguridad, enclavamiento y monitoreo de variables para proporcionar el monitoreo, la detección y la localización de fallas de la máquina agrícola.

[027] Los controladores de tipo PID (proporcionales, integrales y derivados) para modelar sistemas no lineales no son una opción de diseño para un experto en la técnica. El sistema de la presente invención es precisamente un sistema no lineal. Esto solo fue posible, ya que el sistema fue, inventivamente, linealizado para permitir el uso del PID.

[028] La implementación de técnicas de control dentro de sistemas no lineales requiere el uso de controladores muy específicos y laboriosos. Así, se linealizó el sistema y se llevó a cabo su análisis a través de pruebas de los niveles de robustez del controlador. Este procedimiento proporcionó las ventajas de la invención sobre el estado de la técnica, que es robustez con bajo coste.

[029] Se observa que, incluso si no se indica para el caso, la linealización del sistema vinculada a las técnicas de control implementadas da como resultado un sistema robusto y funcional en varios puntos de operaciones, incluso cuando se somete a disturbios.

[030] La invención se implementó combinando la linealización de un sistema no lineal con la ejecución de

varias pruebas para componer la dinámica del sistema de la presente invención.

[031] Ventajosamente, las pruebas demuestran el comportamiento del sistema automatizado frente a diferentes situaciones y perturbaciones. Los resultados generados por la presente invención fueron sorprendentemente satisfactorios.

[032] Así, la presente invención proporciona un sistema, un método y una máquina agrícola automática de supervisión y control compuesta por sensores y equipos de automatización, contemplando la medición y el almacenamiento del historial de datos de las variables involucradas en el proceso, además de la instrumentación general de la máquina, optimizando su vida útil y permitiendo un análisis exhaustivo de su funcionamiento por parte del usuario.

SUMARIO DE LA INVENCION

[033] La presente invención revela un sistema automatizado para controlar una máquina agrícola procesadora de granos alimenticios que comprende un sistema de control de presión para automatizar un flujo de aire. La máquina agrícola está equipada con una entrada de granos que alimenta uno o más módulos de beneficiado. Los módulos se accionan por un motor principal. La salida de uno o más módulos de beneficiado está conectada a un compartimiento de aspiración donde se depositan los granos beneficiados y la suciedad. Un ventilador de aspiración está conectado al compartimiento de aspiración por medio de una tubería de aspiración que aspira la suciedad. Una canaleta de salida del compartimiento de aspiración suministra los granos beneficiados. Uno o más sensores de presión están instalados en al menos una tubería de aspiración de uno o más módulos de beneficiado. El sensor

de presión está conectado electrónicamente a un controlador en lazo cerrado. Dicho controlador en lazo cerrado está conectado además a un dispositivo variador de frecuencia que regula la velocidad del motor de aspiración del ventilador en función de las señales generadas por al menos un sensor de presión.

[034] El motor principal de la máquina agrícola acciona uno o más módulos de beneficiado. Un dispositivo *Soft Starter* controla el motor principal de la máquina agrícola. El sistema de control de presión y una interfaz hombre-máquina están integrados por una red de comunicación con protocolo Modbus RTU.

[035] En una realización, la máquina agrícola está formada por dos módulos de beneficiado que consisten en un módulo octogonal de descascarado y un módulo octogonal de pulido; el ventilador es de aspiración doble, que proporciona un flujo de aire para cada módulo octogonal.

[036] La canaleta de salida del compartimiento de aspiración de un módulo octogonal de descascarado entrega los granos descascarados a un elevador de transferencia que suministrará los granos descascarados al módulo octogonal de pulido.

[037] La invención proporciona además un método para monitorear, detectar y localizar fallas en una máquina agrícola para el beneficiado de granos alimenticios por medio de las siguientes etapas:

- monitorear la presión en una o más tuberías de aspiración; monitorear la temperatura del grano en una canaleta de salida del grano beneficiado; monitorear la corriente del uno o más motores por medio de al menos un sensor de corriente;

- controlar el flujo de aire a través de la velocidad de rotación de un ventilador en función de las señales de uno o más sensores de presión;
- detectar fallas en el funcionamiento de la máquina identificando el funcionamiento fuera de los parámetros preestablecidos de uno o más sensores de temperatura de los granos y uno o más sensores de corriente de uno o más motores;
- localizar las fallas, la captación de señales del sensor de temperatura fuera del parámetro preestablecido que indica un mal funcionamiento del proceso de beneficiado de los granos; la captación de señales del sensor de corriente que indican una sobrecarga en uno o más motores; la captación de señales del sensor de presión fuera del parámetro preestablecido que indica un mal funcionamiento del sistema de control de presión o en uno o más motores de aspiración;
- al localizar una falla, se emiten alarmas con señales sonoras y/o visuales para indicar la falla o anomalías respectivas.

[038] En el método de monitoreo, detección y localización de fallas en máquinas agrícolas para el beneficiado de granos alimenticios, el valor de referencia de presión se controla automáticamente por medio de la velocidad del ventilador de aspiración entre 50 y 60 Hz. En la etapa de control de la velocidad de rotación de un ventilador de aspiración, el ajuste de una constante de tiempo del filtro de entrada de señal analógica del variador de frecuencia corresponde a 0,2 a 0,7 s.

[039] En el método de monitoreo, detección y localización de fallas, si se detecta alguna anomalía, se enclava la máquina agrícola apagando todos sus motores.

[040] La invención proporciona además un sistema para detectar y localizar fallas en una máquina agrícola, la máquina agrícola está provista de una entrada de granos que alimenta uno o más módulos de beneficiado accionados por un motor principal. Un compartimiento de aspiración recibe los granos procesados y la suciedad a la salida de cada módulo de beneficiado. El sistema comprende un ventilador de aspiración conectado al compartimiento de aspiración por medio de una tubería de aspiración que aspira la suciedad. La canaleta de salida del compartimiento de aspiración suministra los granos procesados. Finalmente, ventajosamente, se dispone un sensor de temperatura en la canaleta de salida del grano procesado; el sistema también comprende un sensor de presión, un sensor de corriente eléctrica y un dispositivo de alarma visual y sonora.

[041] La presente invención comprende además una máquina agrícola automatizada beneficiadora de granos para descascarado, separado, pulido y ensacado de los granos alimenticios, en que la máquina agrícola comprende una tolva de entrada de los granos. La entrada de los granos se comunica con un módulo de beneficiado que consiste en un módulo de octogonal de descascarado y un módulo octogonal de pulido, en el que el módulo de beneficiado se impulsa por al menos un motor principal. La salida del módulo octogonal de descascarado se comunica con un compartimiento de aspiración, en el que en dicho compartimiento de aspiración el grano descascarado se somete a aspiración por medio de un ventilador de aspiración doble que aspira las cáscaras por

medio de una tubería de aspiración de cáscaras. Los granos descascarados se envían a un ascensor de transferencia, en que dicho ascensor de transferencia se acciona por un motor de ascensor. El elevador se comunica con un módulo octogonal de pulido equipado como salida una canaleta de salida del grano pulido. El ventilador de aspiración también aspira las impurezas generadas por el módulo octogonal de pulido por medio de una tubería de aspiración de impurezas.

[042] La máquina agrícola está equipada con un sistema automatizado formado por un control de presión para automatizar el flujo de aire, en que el flujo de aire se controla por medio de un controlador en lazo cerrado que controla la velocidad de rotación del ventilador de aspiración doble que proporciona un flujo de aire de aspiración. La máquina agrícola comprende además un sistema de detección y localización de fallas. El sistema de detección y localización de fallas emite alarmas con señales sonoras o visuales cuando la medición de las variables monitoreadas se encuentra fuera de los rangos establecidos como normales.

[043] En la máquina agrícola, la temperatura de los granos es una variable controlada, siendo un sensor de temperatura, dispuesto en la canaleta de salida de granos, parte integrante de dicho control.

[044] En la máquina agrícola, la corriente eléctrica es una variable controlada. Un sensor de corriente eléctrica mide la corriente eléctrica en uno o más motores. El sensor de corriente eléctrica es parte integrante del control de la corriente eléctrica de los motores.

[045] La máquina agrícola de la presente invención es una máquina descascaradora y pulidora de café de pergamino.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[046] La Figura 1 ilustra la máquina agrícola beneficiadora de granos, del estado de la técnica (100) convencional.

[047] La Figura 2 ilustra una realización de la invención que comprende un sistema de control automático de maquinaria agrícola (200) y sus componentes.

[048] La Figura 3 ilustra la modalidad preferida del sistema de control automático de maquinaria agrícola (200) y sus componentes.

[049] La Figura 3a ilustra el módulo octogonal de descascarado (1161) y el módulo octogonal de pulido (1162) del sistema de control automático de maquinaria agrícola (200).

[050] La Figura 4 ilustra el plano lateral derecho de la máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos de la presente invención relacionado al sistema de control de presión.

[051] La Figura 5 ilustra el plano lateral izquierdo de la máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos de la presente invención relacionado al sistema de control de presión.

[052] La Figura 6 ilustra la vista frontal de la máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos de la presente invención relacionada al sistema de control de presión.

[053] La Figura 7 ilustra el plano horizontal superior de la máquina agrícola (200) automatizada

beneficiadora de granos de la presente invención relacionado al sistema de control de presión.

[054] La Figura 8 ilustra una vista posterior de la máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos de la presente invención relacionada al sistema de control de presión.

[055] La Figura 9 ilustra el diagrama de flujo de detección de anomalías del método de control de presión, monitoreo, detección y ubicación de fallas.

[056] La Figura 10 ilustra el ensayo de cierre y apertura de los dampers de la máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos.

[057] La Figura 11 ilustra el ensayo de control de presión del sistema de control de presión, el monitoreo y la detección y localización de fallas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[058] La presente invención comprende un sistema automatizado para el control automático de una máquina agrícola (200). El sistema automatizado comprende un sistema y método de control de presión por medio de un control automático del flujo de aire, monitoreo y detección y ubicación de fallas dentro de las tuberías de aspiración (117). El sistema de control de presión actúa regulando el flujo de aire de acuerdo con la necesidad de aspirar la suciedad.

[059] La suciedad, en particular, corresponde a las cáscaras de grano y/o cualquier impureza.

[060] La máquina agrícola (200) recibe, limpia y descascara los granos alimenticios previamente cosechados. Más específicamente, el sistema de control de la presente invención comprende un control sobre el flujo de aire

generado por un ventilador (112) para aspirar solamente la suciedad, preferiblemente las cáscaras de grano, y así mejorar la eficiencia de la máquina. De esta forma, se evita aspirar los granos junto con las cáscaras.

[061] La máquina agrícola (200) está equipada con un sistema de control de presión y un sistema de monitoreo, detección y localización de fallas. Cada módulo de beneficiado (116) comprende una sección de la máquina agrícola (200). La etapa de beneficiado se produce a través del módulo de beneficiado (116) (Figura 3a).

[062] En una realización de la invención, el sistema comprende una sección de beneficiado de granos, como se ilustra en la Figura 2.

[063] En una realización preferida de la invención (Figura 3), el sistema de control automático de la máquina agrícola (200) está provisto de dos módulos de beneficiado (116), que son un módulo octogonal de descascarado (1161) y/o un módulo octogonal de pulido (1162) (Figura 3a).

[064] En la primera sección de la máquina agrícola (200), se descascaran los granos alimenticios; para realizar el descascarado, se frotran los granos. Después de la primera sección, se dirigen los granos a un segundo módulo de beneficiado (116), en particular al módulo octogonal de pulido (1162).

[065] En el segundo tramo de dicha máquina agrícola (200), los granos procedentes del primer tramo correspondiente al módulo octogonal de descascarado (1161) prosiguen para un aspirador de las cáscaras, en el que las cáscaras de dichos granos son retiradas y aspiradas por el ventilador de aspiración (112) mediante la tubería de aspiración (117) del sistema de la presente invención. A

continuación, los granos se dirigen a una cámara de pulido, en particular, el módulo octogonal de pulido (1162) de los granos que también genera impurezas procedentes del proceso de pulido de dichos granos.

[066] Los granos procedentes de la segunda sección correspondiente al módulo octogonal de pulido (1162) y prosiguen para un aspirador de las cáscaras, donde las cáscaras de dichos granos son retiradas y aspiradas por el ventilador de aspiración (112) por la tubería de aspiración (117). La suciedad sale de la máquina agrícola (200) por medio de una canaleta de salida de suciedad (113).

[067] En una modalidad preferida de la invención, el sistema de control de presión comprende un control de flujo de ventilación que aplica tanto una aspiración para la separación del grano e impurezas más densas, así como una succión de aire para la separación de las impurezas menos densas, en particular las cáscaras del grano. El flujo de aire se hace por un solo ventilador que tiene su ventilación regulada automáticamente por control proporcional, integral y derivado (PID).

[068] Por lo tanto, el flujo de aire separa los granos de las impurezas, incluso cuando los granos cambian de densidad o tamaño.

[069] En una realización de la presente invención, la ventilación con flujo de aire se aplica en dos partes distintas de la máquina: en la etapa de descascarado y de pulido. En primer lugar, se aplica ventilación después de que el grano pasa a través del módulo octogonal de descascarado (1161), que separa la cáscara del grano. Luego se aplica ventilación al módulo octogonal de pulido (1162) de los granos para separar la suciedad del pulido.

[070] En una modalidad preferida de la invención, el sistema de control de presión y flujo de aire para maquinaria agrícola (200) procesadores de granos alimenticios en general; es preferentemente un sistema aplicado en maquinaria procesadora de granos de café que recibe, descascara y limpia el grano previamente cosechado, como se ilustra en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7.

[071] En una modalidad preferida de la invención, dicho grano es un café pergamino.

[072] Más específicamente, la máquina agrícola (200) que forma el sistema de control de la presión y el flujo de aire, monitoreo, detección y localización de fallas de la presente invención comprende: una entrada de granos (101), un módulo octogonal de descascarado (1161) para el descascarado de granos, ascensor de transferencia (104), bandeja de alimentación del ascensor (103), tubería de alimentación de transferencia (106), tolva de transferencia (107), tubería de aspiración (117), módulo octogonal de pulido (1162), ventilador de aspiración (112), motores de accionamiento en que los motores de accionamiento corresponden al motor principal (115), motor del ventilador (114) y motor del ascensor (105).

[073] La tubería de aspiración (117) de la máquina agrícola (200) comprende más específicamente una tubería de aspiración del módulo de descascarado (1171) para la aspiración de las cáscaras y/o una tubería de aspiración del módulo de pulido (1172), para la aspiración de las impurezas, como se especifica en la Figura 3. La implementación del sistema de control automático del flujo de aire en la tubería de aspiración (117) se produce mediante la adquisición de

valores de la presión dentro de la tubería de aspiración (117) mediante el sensor de presión (204).

[074] La máquina agrícola (200) que comprende el sistema automatizado para el control de presión, monitoreo y detección y localización de fallas de la máquina agrícola (200) está provista de uno o más controladores (210), un dispositivo *Soft Starter* (201), uno o más sensores de temperatura (203), uno o más sensores de presión (204), uno o más sensores de corriente (208), un dispositivo variador de frecuencia (205), uno o más dispositivos de alarma visual y sonora (206), en que los sensores y dispositivos están conectados a través de una interfaz hombre-máquina (211).

[075] El controlador (210) es responsable del control, que, en base a la información obtenida a través del sensor de temperatura (203), controla la temperatura a partir del cambio de variables manipuladas, como la velocidad del motor, la apertura de la válvula, etc.

[076] El sensor de temperatura (203) comprende dispositivos habituales para su funcionamiento, como un elemento primario de temperatura (2031) y un transmisor de temperatura (2032).

[077] En una modalidad preferida de la invención, el dispositivo sensor de temperatura (203) es un termopar.

[078] El sensor de presión (208) comprende, además, dispositivos habituales para su funcionamiento, como un elemento primario de corriente eléctrica (2081) y un transmisor indicador de corriente (2082).

[079] Las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 representan la máquina agrícola (200) automatizada de la presente invención. En la máquina agrícola (200), inicialmente, los granos de café se depositan en un compartimento de entrada

de granos (101). El descascarado y el pulido del café se realizan mediante el módulo octogonal de descascarado (1161) y el módulo octogonal de pulido (1162), respectivamente, ambos impulsados por un motor principal (115) de 100 hp.

[080] En una realización, los granos de café se someten a la primera etapa correspondiente al descascarado para eliminar las cáscaras (pergamino) por fricción entre los granos y las paredes del primer módulo octogonal de descascarado (1161).

[081] A medida que pasan a través de la cámara de descascarado, se vierten las cáscaras y los granos de café en un compartimiento de aspiración, particularmente, en una bandeja de alimentación del ascensor (103). En este momento, el ventilador de aspiración (112), accionado por un motor de 15 hp, succiona las impurezas a través de la tubería de aspiración del módulo de descascarado (1171). La velocidad del ventilador de aspiración (112) varía la presión entre 2666,44 Pa y 15998,64 Pa (20 y 120 mmCA). El valor de referencia de presión se controla automáticamente por medio de la velocidad del ventilador de aspiración (112) que oscila entre 50 y 60 Hz.

[082] El café limpio pasa por el compartimiento de entrada de granos (101), tal como una tolva, por medio del ascensor de transferencia (104), movido por un motor (105) del ascensor de transferencia de 1 hp de potencia. El café se conduce a la entrada de la tolva de transferencia (107), luego los granos caen directamente en el segundo módulo octogonal (1162), responsable del pulido. Este proceso ocurre de manera similar al descascarado, a través de la fricción de los granos con las paredes del módulo de pulido, ya que el contenido de fricción es menor que en el

descascarado para no deteriorar los granos; el objetivo es eliminar solo las impurezas residuales que no se eliminaron durante el proceso de descascarado.

[083] Después de ser procesados por el segundo módulo octogonal (1162), los residuos extraídos de los granos son aspirados por una segunda tubería (117), en particular una tubería de aspiración del módulo de pulido (1172). Al final, el café se transporta a la canaleta de salida de granos (118), listo para ser embolsado o almacenado.

[084] La Figura 1 muestra una máquina de beneficiado de granos del estado de la técnica (100) en la que tienen lugar los procesos de descascarado y pulido del café.

[085] La máquina beneficiadora de granos del estado de la técnica (100) es totalmente manual y no proviene de sistemas de control y monitoreo para mejorar el beneficiado del café.

[086] Para reducir las dificultades de operación y mejorar el monitoreo de la máquina, la presente invención implementa algunas soluciones: monitoreo y control de presión, monitoreo de la temperatura del grano, detección y localización de fallas, control de motores, recopilación y almacenamiento de datos con historial de funcionamiento de los dispositivos, monitoreo de la máquina mediante emisión de señales sonoras y visuales, comunicación efectiva mediante protocolos de red de automatización industrial, control automático del flujo de aire en la tubería de succión/aspiración mediante la adquisición de valores de presión dentro de la tubería de aspiración (117).

[087] El sistema de control de presión, monitoreo y detección y localización de fallas monitorea y controla el

descascarado y el pulido de los granos de café mediante la instalación de sensores y dispositivos electrónicos en los componentes principales de la máquina agrícola (200). Ese control facilita la interacción del operador con el equipo, desde la activación hasta los ajustes de los dispositivos para adecuar el proceso a la demanda requerida, además de disponibilizar la extracción de los informes de uso.

[088] La detección de fallas permite enclavar la máquina. El proceso está enclavado y programado para actuar sobre la lógica de automatización para garantizar la seguridad de los dispositivos a favor de la calidad de funcionamiento, además de evitar pérdidas, tanto de material directamente en la máquina como financieras, por el desperdicio o la pérdida de calidad del café.

[089] Se puede operar el enclavamiento tanto en modo "remoto" como en modo "local". En modo "remoto", la interfaz de control industrial envía y recibe señales a través de la red Modbus RTU, accionando así todos los motores y haciendo la lógica de seguridad del sistema.

[090] A través del monitoreo de la corriente eléctrica de los motores principales de la máquina, implementado por un sistema de detección de fallas o mal funcionamiento/operación de la máquina, se detectan sobrecargas de trabajo, por ejemplo.

[091] El monitoreo de la temperatura del café procesado tiene lugar en la canaleta de salida (118) mediante un sensor de temperatura (203), tal y como se muestra en las figuras 5 y 7. Esta característica permite identificar anomalías en el proceso de descascarado, ayudando al operador en su toma de decisión al ajustar los parámetros de la máquina.

[092] El control de arranque de los motores evita problemas eléctricos y prolonga la vida útil del equipo. Además, ayuda a reducir el consumo de energía eléctrica mediante el uso del dispositivo *Soft Starter* (201) en el motor principal (115) de los módulos octogonales (116) y un variador de frecuencia (205) en el motor de aspiración (114). También es posible realizar la variación de velocidad del motor de aspiración (114).

[093] La recopilación y almacenamiento de datos con el historial de funcionamiento de los dispositivos (OEE - *Overall Equipment Effectivities*) permite la creación de un plan de mantenimiento programado.

[094] El monitoreo del funcionamiento de la máquina agrícola (200) se produce a través de dispositivos de alarma visual y sonora (206) con avisos sonoros y visuales, y detiene el funcionamiento cuando hay problemas en los dispositivos principales de la máquina agrícola (200).

[095] La comunicación entre los dispositivos se establece a través de una red de automatización industrial para facilitar la integración de todos los sensores y equipos electrónicos, además de proporcionar la instalación de nuevos equipos en futuras soluciones.

[096] La conexión entre los dispositivos dentro del ámbito de la automatización industrial se utiliza a través de una red de comunicación (209) industrial para actuar en el intercambio de información rápida, eficiente y dinámica. Los protocolos más comunes son las redes Ethernet, Profinet, Profibus, CanOpen, Modbus, entre otras.

[097] Se realizaron pruebas para estudiar la eficiencia de la instrumentación y la comunicación entre los diversos dispositivos de medición, monitoreo y control,

utilizados. También se realizó la parametrización del variador de frecuencia (205), la programación y creación de pantallas para la interfaz de control industrial, programación del SoftPLC, pruebas con sensores de corriente (208), sensor de presión (204) y sensor de temperatura (203), además de pruebas con la red Modbus RTU actuando con varios dispositivos interconectados entre sí.

[098] En una modalidad preferida de la invención se utilizó específicamente la red de comunicación (209) Modbus RTU. La red Modbus RTU es universal, fácil de usar y no requiere complejidad en la comunicación y el volumen de datos.

[099] La validación del sistema de automatización propuesto se llevó a cabo a través de varias pruebas en el sistema real en un entorno fabril. La instrumentación de la máquina en el sistema real incluía el análisis de los resultados obtenidos mediante su funcionamiento. Se insertaron los programas de Ladder en el SoftPLC y las pantallas de la interfaz de control industrial y, con ello, se validó el funcionamiento de la máquina vinculada a la programación propuesta.

[0100] La interfaz de control industrial, como el controlador (210), actúa como maestro de la red, envía y recibe información al variador de frecuencia, al SoftPLC (control de procesos), al sensor de corriente (208) y al *Soft Starter* (201). Este proceso se realiza en tiempo real a través de una conexión, en que todos los dispositivos pueden conectarse utilizando direcciones numéricas de la red. Todos estos dispositivos generan señales que se comparten a través de una red.

[0101] La interfaz de control industrial controla una gran parte del sistema de automatización, realiza la adquisición de datos, presenta las variables del proceso en tiempo real y proporciona comunicación e interacción entre el operador y la máquina de forma dinámica y sencilla.

[0102] La interfaz hombre-máquina, como la interfaz de control industrial que actúa como maestro de la red, se puede implementar a través de un display y un programa informático. También hace que las informaciones del sistema estén disponibles en la pantalla gráfica.

[0103] La interfaz hombre-máquina del sistema agrupa el control de los módulos del sistema y sus respectivas funciones. Dicha interfaz cuenta con pantallas con funciones para todos los dispositivos, los sensores, las alarmas, el monitoreo, la detección de fallas y las funciones de enclavamiento. Los datos del sistema de control de presión y de monitoreo de la temperatura, el monitoreo, la detección y la ubicación de fallas, el control de la aspiradora, la información del motor, los informes y el historial de funcionamiento, se pueden ver a través de la interfaz hombre-máquina. Toda la información relevante sobre el procesamiento de granos puede ser consultada por el operador del sistema.

[0104] Todas las alarmas posibles en caso de anomalías en el sistema proporcionan en detalle las informaciones sobre el error ocurrido y describe el registro sobre la falla, además de indicar la hora de la ocurrencia. Las informaciones expuestas son proporcionadas por los sensores de presión (204), el sensor de temperatura (203), el sensor de corriente (208), el variador de frecuencia (205) y el *Soft Starter* (201). Algunos datos se recopilan

directamente en los dispositivos, otros de la programación del SoftPLC, como resultado del enclavamiento de seguridad para condiciones que pueden dañar los componentes de la máquina.

[0105] A modo de ejemplo, durante el procesamiento del café, los granos se calientan debido a la fricción con las paredes de los módulos de descascarado y pulido y, por lo tanto, es esencial controlar la temperatura de los granos para que estén entre 20° y 45° C. Si la temperatura supera estos valores, puede causar daños a la calidad del producto, por lo que el control de la temperatura es crucial en este proceso.

[0106] El monitoreo de la temperatura garantiza que el operador realice un seguimiento de los valores de temperatura para mantenerlos dentro del rango adecuado en todo momento. El monitoreo se realiza en la canaleta de salida de granos (118) de la máquina agrícola (200).

[0107] El sistema de control automatizado de presión, monitoreo, detección y localización de fallas funciona mediante el control en lazo cerrado de la presión dentro de la tubería (117). El operador debe establecer el valor de referencia de presión (SetPoint) y el sistema actúa automáticamente para mantener la presión estabilizada dentro de la tubería (117), variando la velocidad del motor de aspiración (114) del ventilador de aspiración (112) de acuerdo con la variación de presión.

[0108] El sistema también cuenta con un módulo de monitoreo a través de alarmas para monitorear todo el procesamiento de los granos.

[0109] Se proporciona una barra de alarma para facilitar la toma de decisión, en caso de fallas del sistema.

También en esta interfaz gráfica es posible visualizar todas las variables manipuladas en el control y, también, un gráfico para seguir los valores de presión, y otro gráfico para monitorear los valores de temperatura.

[0110] El sistema de control de presión, monitoreo, detección y localización de fallas tiene informes y backups automáticos de seguridad de todos los datos del proceso y el método.

[0111] Si hay una sobrecarga en cualquier motor, se mostrará una alarma en la interfaz hombre-máquina, seguida de señalización visual y sonora.

[0112] En la realización preferida de la invención, el sistema está provisto de dos módulos de beneficiado (116), tales como un módulo octogonal de descascarado (1161) y un módulo octogonal de pulido (1162). El motor de accionamiento de los módulos de beneficiado (116) es el motor principal (115) de la máquina agrícola (200).

[0113] El motor principal (115), al trabajar con un índice de carga alto, está propenso a sobrecargas que pueden dañarlo y causar daños en los componentes del módulo de beneficiado (116). En vista de esto, se desarrolló un sistema de enclavamiento específico para la máquina.

[0114] El sistema de monitoreo, detección y localización de fallas garantiza la detección de anomalías en el funcionamiento de la máquina agrícola (200). Cuando haya sobrecargas, se activará un señalizador audiovisual y mostrará en la pantalla de la interfaz de control un mensaje informando que la corriente está por encima del valor habitual. Si esta anomalía excede el tiempo estipulado para soportar la condición, la máquina agrícola (200) se apagará

automáticamente y aparecerá un mensaje indicando el motivo del apagado en todas las pantallas de la interfaz.

[0115] La Figura 9 muestra el diagrama de flujo de detección de anomalías del método de control de presión, monitoreo, detección y ubicación de fallas (500).

[0116] El control de temperatura asegura el apagado automático de la máquina agrícola (200) por exceso de temperatura, que se produce cuando los valores persisten por encima de lo ideal. Al superar los valores ideales, durante un tiempo límite estipulado, se apagará todo el sistema activando los dispositivos de alarma visual y sonora (206) en el panel y en la interfaz hombre-máquina (211).

[0117] Todas las alarmas están conectadas con el controlador (210) y con la interfaz hombre-máquina (211); es decir, cualquier evento que exponga la máquina a un cierto error o falla de cualquier dispositivo se mostrará en la interfaz de alarmas.

[0118] Como se describe, la máquina agrícola habitual del estado de la técnica (100) no tiene control de la velocidad de aspiración de las cáscaras de café; es decir, para controlar el flujo de succión, los dampers deben regularse manualmente para la entrada de aire atmosférico y, por lo tanto, la presión dentro de la tubería (117) se puede aumentar o disminuir y, en consecuencia, aspirar menos cáscaras o viceversa. Sin embargo, este ajuste debe ser preciso para que la aspiración sea eficiente, ya que los granos de café se pueden aspirar junto con las cáscaras o también se pueden aspirar menos cáscaras que lo ideal.

[0119] El sistema de control automatizado de presión, monitoreo, detección y localización de fallas cuenta con un control en lazo cerrado para controlar la

presión de succión dentro de las tuberías de aspiración (117) de la máquina agrícola (200), independientemente de la condición de cierre de los dampers de entrada de aire (111). El sistema de control automatizado de presión, monitoreo y detección y localización de fallas tiene como objetivo identificar los granos de café junto con las cáscaras aspiradas porque, debido a que la densidad de los granos es mayor que la de las cáscaras, la presión dentro de la tubería de aspiración (117) tiende a cambiar cuando hay granos junto con las cáscaras; entonces, el controlador (210) actúa para mantener la presión dentro del rango de valores estipulado.

[0120] El sistema de control automatizado de presión, monitoreo, detección y localización de fallas pasó por la adquisición de datos de proceso, su modelado y, finalmente, el ajuste de los parámetros del controlador (210).

[0121] El sensor de presión (204) lee las señales de presión, las envía al registrador que procesa la información, las pone a disposición en el indicador y las envía al controlador (210), quien actúa sobre la velocidad del motor de aspiración (114) para mantener la presión dentro del rango de referencia del sistema de control de presión.

[0122] Se realizaron pruebas estáticas y dinámicas para conocer el comportamiento del proceso permitiendo caracterizar la máquina agrícola (200) y modelar el sistema automatizado de control de presión. La presente invención se configura como un enfoque de modelado de caja negra; es decir, no había conocimiento previo sobre el comportamiento estático y dinámico de las variables involucradas en el proceso de descascarado y pulido del café.

[0123] Se realizaron varias pruebas para caracterizar las etapas de operación del sistema, principalmente con respecto a la influencia del nivel de cierre de los dampers de entrada de aire (111), además de la respuesta de referencia de la velocidad del motor.

[0124] Para realizar la extracción de las señales de velocidad, se utilizaron las señales disponibles del variador de frecuencia (205). Para obtener los valores de presión, se utilizó un sensor de presión absoluta (presión negativa). Para encontrar la mejor ubicación de instalación del sensor, se realizaron varias pruebas en diferentes puntos a lo largo de las tuberías de aspiración (117); se llegó a la conclusión de que la mejor ubicación de instalación estaba cerca de los dampers de entrada de aire (111). Cada tubería (217) tiene un damper de entrada de aire ajustable (111). La ubicación de los sensores de presión (204) está entre 10 y 25 cm de la abertura de los dampers de entrada de aire (111).

[0125] Se realizaron algunas pruebas para conocer el comportamiento de la presión en relación con la variación de la velocidad, al tener en cuenta la combinación de cierre de los dampers de entrada de aire (111).

[0126] Una prueba de caracterización estática de la presión del sistema de aspiración, como se muestra en la figura 4, consideró diferentes configuraciones de cierre de los dampers de entrada de aire (111). Por lo tanto, la condición en la que los dampers de entrada de aire (111) están completamente cerrados proporciona un mayor rango de control de presión y aún puede proporcionar ahorros de energía eléctrica al obtener valores de alta presión con baja velocidad del motor de aspiración (114).

[0127] Después de promediar los valores en el gráfico de la figura 10, es posible demostrar las curvas de presión estática por velocidad. A partir de estos datos, es posible resaltar las diferencias en el comportamiento del sistema en relación con los valores de presión dentro de la tubería de aspiración (117), teniendo en cuenta el cierre de los dampers de entrada de aire (111), mostrando que se trata de una curva estática no lineal.

[0128] A partir de las pruebas estáticas, se definió que las pruebas dinámicas se producirían en las condiciones abordadas en las pruebas estáticas, con los dampers de entrada de aire (111) completamente cerrados, ya que posiblemente sería el punto de funcionamiento ideal de la máquina agrícola (200). Se realizaron pruebas de perturbación en el sistema, como la entrada escalón y la variación de cierre de los dampers de entrada de aire (111). Los primeros ensayos dinámicos consistieron en la velocidad del motor entre 50 y 60 Hz.

[0129] A partir de la caracterización del sistema mediante ensayos estáticos y dinámicos, fue posible utilizar los datos extraídos del proceso para realizar el modelado matemático del sistema y afinar el controlador de presión dentro de las tuberías de aspiración (117). Por lo tanto, la entrada del modelo es la velocidad angular del motor en Hz y la salida es la presión dada en pascal (Pa).

[0130] Se utilizaron dos métodos de identificación de sistemas aplicados a sistemas de primer orden con tiempo muerto y aplicados a sistemas de segundo orden, también con tiempo muerto. Inicialmente, se realizó el ensayo con un conjunto de datos que incluye la velocidad máxima del motor

a 60 Hz, utilizando la curva de respuesta al escalón unitario ascendente.

[0131] Los modelos se validaron con el conjunto de datos de velocidad máxima del motor correspondiente a la frecuencia de 50 Hz y 60 Hz.

[0132] Al comparar los modelos, se calculó el error cuadrático medio entre los modelos identificados.

[0133] Después de identificar el modelo dinámico del sistema de aspiración, se afinó el controlador para ajustar las ganancias y garantizar la mejor señal de control. Teniendo en cuenta que se identificaron dos modelos dinámicos, de primer y segundo orden, se utilizaron tres modelos de controlador para afinar el sistema.

[0134] Una vez definidas las ganancias de los controladores, se realizaron los ensayos para analizar las mejores respuestas del sistema de control. Las ganancias de los controladores se insertaron en el bloque PID del SoftPLC, en que el periodo de muestreo es 0.05 s y el filtro del bloque delimitado en 0.05 s. Los datos se generaron por medio de sensores enviados al SoftPLC por entrada analógica con el filtro delimitado en 0.5 s. A través de la red Modbus RTU, la interfaz de control almacena los datos en el período de muestreo en 0,1 s, que es el tiempo más corto disponible en el dispositivo.

[0135] Las pruebas se componían de una secuencia de combinaciones de apertura y cierre de los dampers de entrada de aire (111) y dos valores de referencia de presión distintos (SetPoints), -6666.1 Pa (-50 mmCA) y -833.70125 Pa (-85 mmCA). Con el análisis del cierre de los dampers de entrada de aire (111) es posible medir cómo una perturbación afecta al sistema en lazo cerrado, y es posible analizar la

respuesta del controlador a la interferencia en el proceso. También se generaron gráficos con la curva que representa la velocidad de referencia del motor de aspiración (114) o la variable manipulada, en los que es posible analizar el esfuerzo del motor de aspiración (114).

[0136] El parámetro para filtrar la señal en la entrada analógica del convertidor de frecuencia (205) se establece con la constante de tiempo del filtro, que se produce entre 0,2 s y 0,7 s, preferiblemente a 0,5 s. Esta configuración se utilizó para la extracción de los conjuntos de datos y, posteriormente, para el modelado dinámico del proceso.

[0137] Los ensayos de validación del sistema también han demostrado que el sistema se comporta adecuadamente, cuando se somete a una perturbación para cambiar el valor de referencia del sistema (SetPoint). No hay oscilaciones que puedan influir en la respuesta del sistema.

[0138] En la Figura 11, se describe la respuesta del sistema de control de presión. La respuesta de la señal de control de presión se observa al modificar los valores de referencia de presión (Setpoint) y cambiar el nivel de cierre de los dampers de entrada de aire (111).

[0139] El ensayo de validación del controlador, como se muestra en la Figura 11, indica que la condición inicial del controlador está con el SetPoint a -666666.1 Pa (-50 mmCA) y los dampers (111) completamente cerrados, la velocidad es de 38 Hz. Aproximadamente en el instante 3 s, al cambiar el SetPoint a -7999.32 Pa (-60 mmCA), la velocidad comienza a tener valores cercanos a 42 Hz. En el instante 4 s, cuando el valor de referencia se somete a una presión de

-10665,76 Pa (-80 mmCA), la velocidad aumenta a valores cercanos a 48 Hz. Al reducir el SetPoint a -66666,1 Pa (50 mmCA), la velocidad se estabiliza de nuevo a aproximadamente 38 Hz. Después de volver a la condición inicial, alrededor de 10 s, se causó una perturbación en la que la condición del damper de entrada de aire (111) se cambió del 100% al 75% de cierre, por lo que la velocidad aumenta a aproximadamente 48 Hz.

[0140] Esto demuestra que todas las pruebas realizadas para caracterizar la máquina, adquirir los datos dinámicos, identificar y modelar el sistema, extraer las ganancias, definir los controladores, afinarlos y hacer comparaciones para probar los métodos desarrollados, fueron esenciales para lograr los objetivos propuestos, en los que se pretendía diseñar un controlador que proporcionara una respuesta satisfactoria del sistema para controlar la presión dentro de la tubería de aspiración de impurezas de la máquina.

[0141] Ventajosamente, la condición de cierre óptima de los dampers de entrada de aire (111) está configurada como completamente cerrada para el aire atmosférico. Además de proporcionar ahorros de energía al centrarse en valores de presión más altos en esta condición, en consecuencia, proporciona menos esfuerzo al motor.

[0142] El sistema en lazo cerrado permite una mayor precisión en los resultados, ya que los ajustes se realizan automáticamente por la retroalimentación de los valores medidos del sistema. También se observa que el lazo de control cerrado proporciona condiciones en las que el sistema actúa automáticamente de acuerdo con la demanda; es decir, el controlador (210) actúa de modo que la velocidad del motor

de aspiración (114) sea lo suficientemente adecuada para la necesidad de aspiración.

Listado de referencias:

- 100 - Máquina beneficiadora de granos del estado de la técnica
- 101 - Entrada de granos (tolva de entrada);
- 103 - Bandeja de alimentación del ascensor;
- 104 - Ascensor de transferencia;
- 105 - Motor del ascensor;
- 106 - Tubería de suministro de transferencia;
- 107 - Tolva de transferencia;
- 111 - Dampers de entrada de aire;
- 112 - Ventilador de aspiración;
- 113 - Canaleta de salida de suciedad;
- 114 - Motor de aspiración;
- 115 - Motor principal;
- 116 - Módulo de beneficiado;
- 1161 - Módulo octogonal de descascarado;
- 1162 - Módulo octogonal de pulido;
- 117 - Tubería de aspiración;
- 1171 - Tubería de aspiración del módulo de descascarado (cáscaras);
- 1172 - Tubería de aspiración del módulo de pulido (impurezas);
- 118 - Canaleta de salida del grano;
- 200 - Máquina agrícola
- 201 - Soft Starter;
- 203 - Sensor de temperatura;
- 2031 - Elemento primario de temperatura;
- 2032 - Transmisor de temperatura;
- 204 - Sensor de presión;

205 - Variador de frecuencia;
206 - Dispositivos de alarma visual y sonora;
208 - Sensor de corriente;
2081 - Elemento primario de corriente eléctrica;
2082 - Transmisor indicador de corriente;
209 - Red de comunicación;
210 - Controlador;
211 - Interfaz hombre-máquina;
500 - Diagrama de flujo de detección de anomalías del método de control de presión, monitoreo, detección y localización de fallas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, que comprende un sistema de control de presión para automatizar un flujo de aire. La máquina agrícola (200) está equipada con una entrada de granos (101) que alimenta uno o más módulos de beneficiado (116) accionado por un motor principal (115). La salida de uno o más módulos de beneficiado (116) está conectada a un compartimiento de aspiración, en el que se depositan los granos procesados y la suciedad. Un ventilador de aspiración (112) conectado al compartimiento de aspiración, por medio de la tubería de aspiración (117), aspira la suciedad; una canaleta de salida (118) del compartimiento de aspiración suministra los granos procesados, caracterizado porque un sensor de presión (204) está instalado en al menos una tubería de aspiración (117) de uno o más módulos de beneficiado (116). El sensor de presión (204) está conectado electrónicamente a un controlador (210) en lazo cerrado; dicho controlador de lazo cerrado (210) está conectado, además, a un dispositivo variador de frecuencia (205) que regula la velocidad del motor de aspiración (114) del ventilador de aspiración (112) en función de las señales generadas por al menos un sensor de presión (204).

2. El sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el motor principal (115) de la máquina agrícola (200) acciona uno o más módulos de beneficiado (116).

3. El sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque un dispositivo *Soft Starter* (201) controla el motor principal (115) de la máquina agrícola (200).

4. El sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque un sistema de control de presión y una interfaz hombre-máquina (211) están integrados por una red de comunicación con protocolo Modbus RTU.

5. El sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la máquina agrícola (200) está equipada con dos módulos de beneficiado (116) que consisten en un módulo octogonal de descascarado (1161) y un módulo octogonal de pulido (1162), siendo el ventilador de aspiración (112) doble, donde se proporciona un flujo de aire para cada módulo octogonal (1161; 1162).

6. El sistema automatizado para controlar una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la canaleta de salida (118) del compartimiento de aspiración de un módulo octogonal de descascarado (1161) suministra los granos descascarados a un ascensor de transferencia (104) que suministrará los granos descascarados al módulo octogonal de pulido (1162).

7. Un método para monitorear, detectar y localizar fallas en una máquina agrícola (200) para procesar

granos alimenticios, caracterizado porque comprende las etapas de:

- monitorear la presión en una o más tuberías de aspiración (117); monitorear la temperatura del grano en una canaleta de salida (118) del grano procesado; monitorear la corriente de uno o más motores (105, 114, 115) por medio de al menos un sensor de corriente (208);
- controlar el flujo de aire a través de la velocidad de rotación de un ventilador (112) en función de las señales de uno o más sensores de presión (204);
- detectar fallas en el funcionamiento de la máquina identificando el funcionamiento fuera de los parámetros preestablecidos de uno o más sensores de temperatura (203) de los granos y uno o más sensores de corriente de uno o más motores (105, 114, 115);
- localizar las fallas, siendo que la captación de señales del sensor de temperatura (208) fuera del parámetro preestablecido que indica mal funcionamiento del proceso de beneficiado de los granos; la captación de señales del sensor de corriente indica sobrecarga en uno o más motores (105, 114, 115); la captación de señales del sensor de presión (204) fuera del parámetro preestablecido indica mal funcionamiento del sistema de control de presión en uno o más motores de aspiración (114);
- al localizar una falla, se emiten alarmas con señales sonora y/o visual para indicar la falla o anomalías respectivas.

8. El método de monitoreo, detección y localización de fallas en la maquinaria agrícola (200) para

el beneficiado de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque un valor de referencia de presión se controla automáticamente por medio de la velocidad del ventilador entre 50 y 60 Hz.

9. El método de monitoreo, detección y localización de fallas en la maquinaria agrícola (200) para procesar granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque en la etapa de control de la velocidad de rotación de un ventilador (112), la definición de una constante de tiempo del filtro de entrada de señal analógica del variador de frecuencia (205) es de 0,2 a 0,7 s.

10. El método de monitoreo, detección y localización de fallas en máquinas agrícolas (200) para procesar granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque en la etapa de detección y localización de fallas, si se detecta alguna anomalía, se realiza el enclavamiento de la máquina agrícola (200), en que todos los motores (105, 114, 115) se apagan.

11. Sistema de detección y localización de fallas en una máquina agrícola (200) procesadora de granos alimenticios, la máquina agrícola (200) está equipada con una entrada de granos que alimenta uno o más módulos de beneficiado (116) que se accionada por un motor principal (115); un compartimiento de aspiración recibe los granos procesados y la suciedad en la salida de cada módulo de beneficiado (116); un ventilador de aspiración (112) conectado al compartimiento de aspiración por medio de una tubería de aspiración (117) aspira la suciedad, y una canaleta de salida (118) del compartimiento de aspiración

proporciona los granos procesados, caracterizado porque comprende un sensor de temperatura (203) dispuesto en la canaleta de salida (118) del grano procesado y un sensor de corriente eléctrica (208) y dispositivos de alarma visual y sonora (206).

12. Una máquina agrícola automatizada (200) beneficiadora de granos para descascarado, separado, pulido y ensacado de granos alimenticios, en que la máquina agrícola (200) comprende una tolva (101) de entrada de granos; la tolva se comunica con un módulo de beneficiado (116) que consiste en un módulo octogonal de descascarado (1161) y un módulo octogonal de pulido (1162), en donde el módulo de beneficiado (116) se acciona por al menos un motor principal (115); la salida del módulo octogonal de descascarado (115) se comunica con un compartimiento de aspiración, en donde en dicho compartimiento de aspiración el grano descascarado se somete a aspiración por medio de un ventilador de aspiración doble (112) que aspira las cáscaras por medio de una tubería de aspiración de cáscaras (1171); los granos descascarados se envían a un ascensor de transferencia (104), en que dicho ascensor de transferencia (104) se acciona por un motor de ascensor (105); el ascensor se comunica con un módulo octogonal de pulido (1162) que tiene como salida una canaleta de salida de grano pulido (118); el ventilador de aspiración (112) también aspira las impurezas generadas por el módulo octogonal de pulido (1162) por medio de una tubería de aspiración de impurezas (1172), caracterizado porque la máquina agrícola (200) está equipada con un sistema automatizado formado por un control de presión, para automatizar un flujo de aire, en que el flujo de aire es

controlado por medio de un controlador en lazo cerrado que regula la velocidad de rotación del ventilador de aspiración (112) doble, el cual provee un flujo de aire de aspiración. La máquina agrícola (200) comprende, además, un sistema de detección y localización de fallas. El sistema de detección y localización de fallas emite alarmas con señales sonoras o visuales cuando la medición de las variables monitoreadas se encuentra fuera de los rangos establecidos como normales.

13. La máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos (200) para el descascarado, separado, pulido y ensacado de granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la temperatura de los granos es la variable controlada, siendo que un sensor de temperatura (203), dispuesto en la canaleta de salida de los granos (118), es una parte integral de dicho control.

14. La máquina agrícola automatizada beneficiadora de granos (200) para el descascarado, separado, pulido y ensacado de los granos alimenticios, de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la corriente eléctrica es la variable controlada, siendo que un sensor de corriente eléctrica (208), que mide la corriente eléctrica en uno o más motores (105, 114, 115), es parte integral de dicho control.

15. La máquina agrícola (200) automatizada beneficiadora de granos, de acuerdo con las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque la máquina agrícola (200) es una máquina de descascarado y pulido de café pergamino.



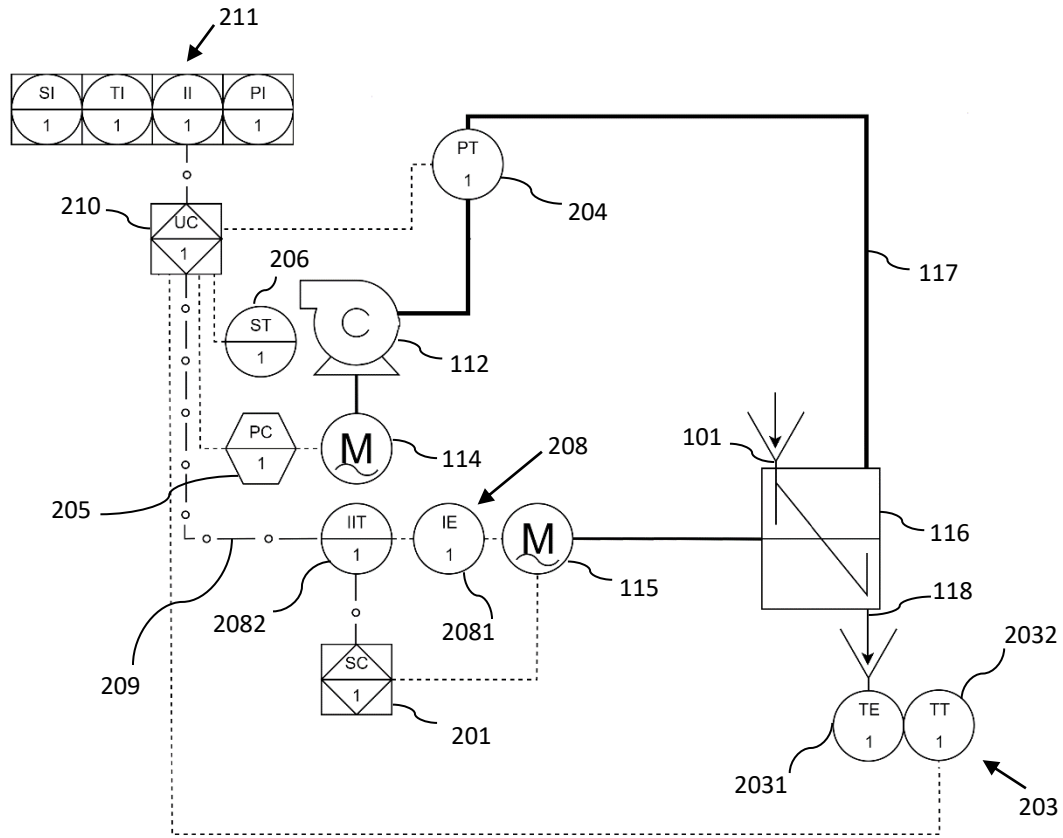


FIGURA 2

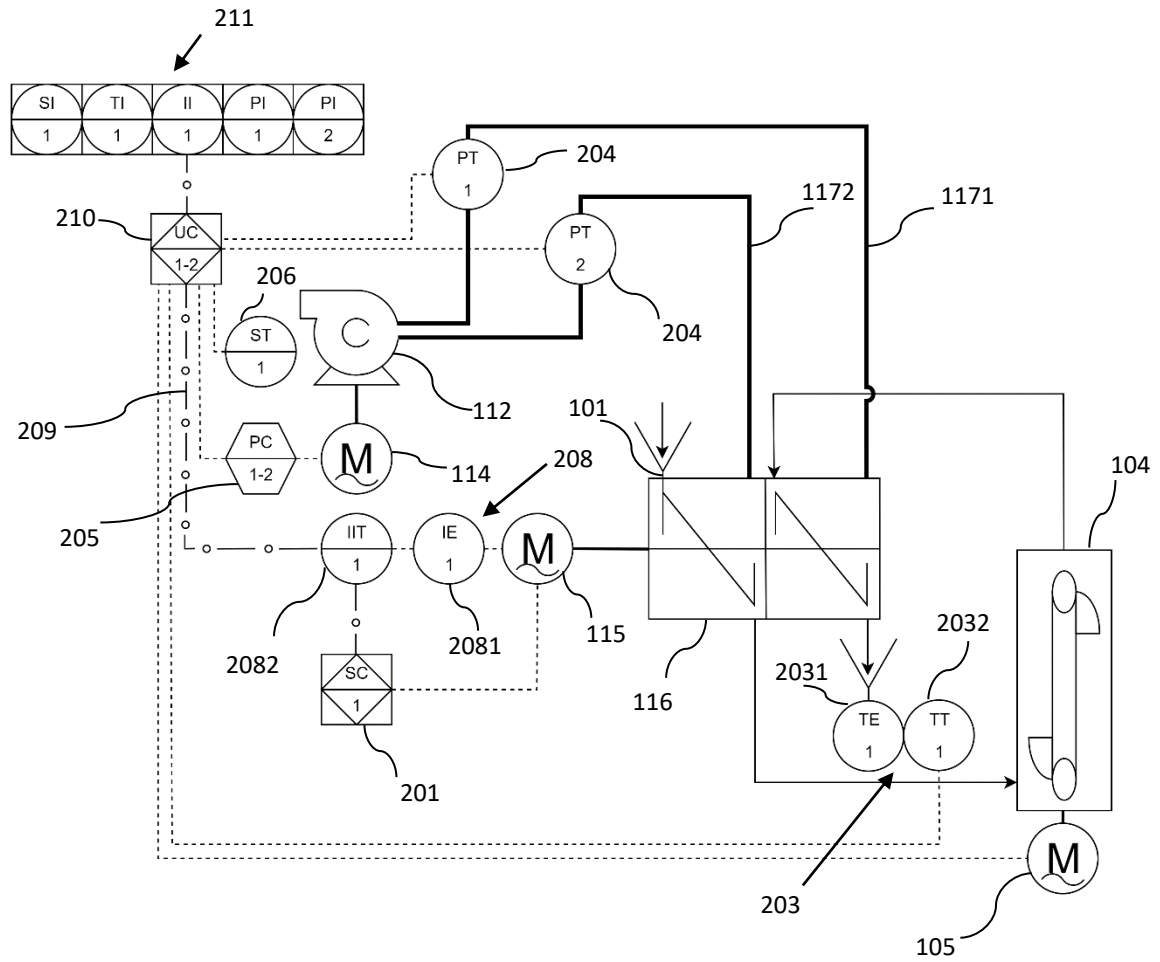


FIGURA 3

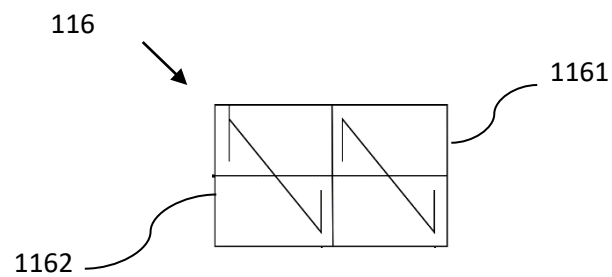


FIGURA 3a

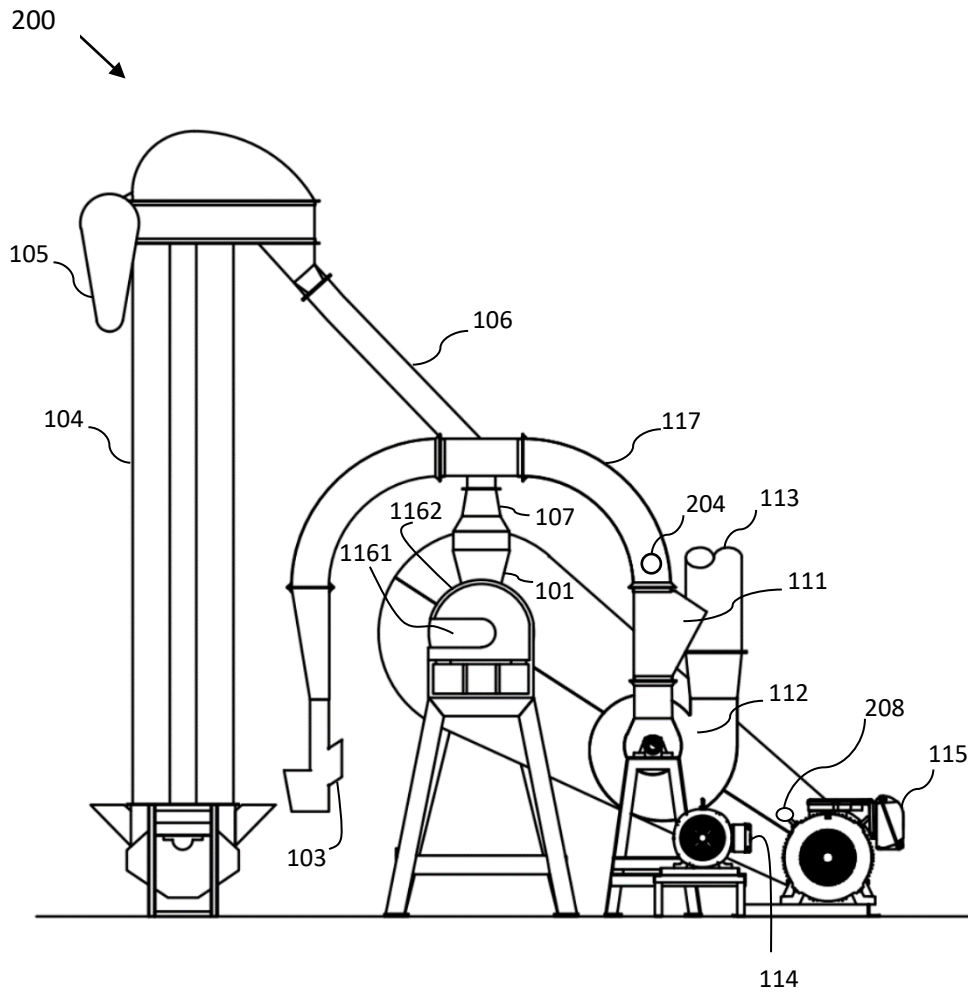


FIGURA 4

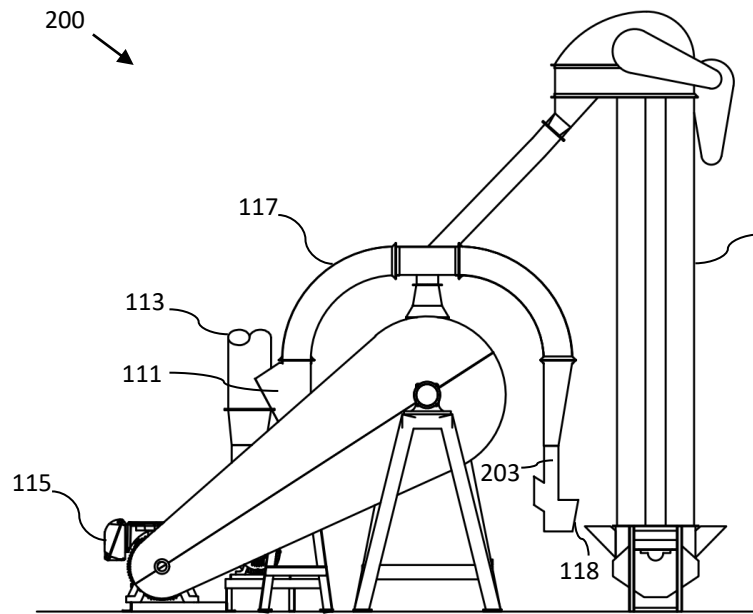


FIGURA 5

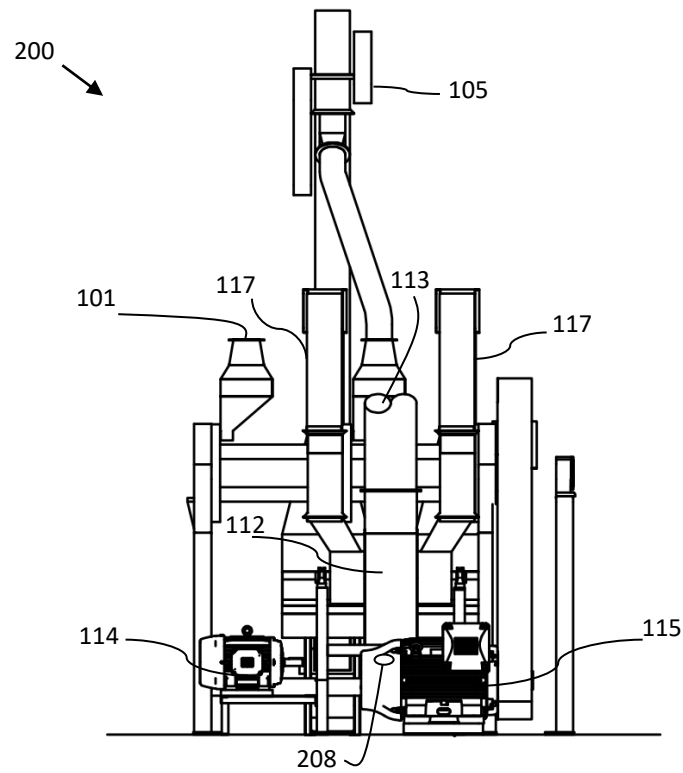


FIGURA 6

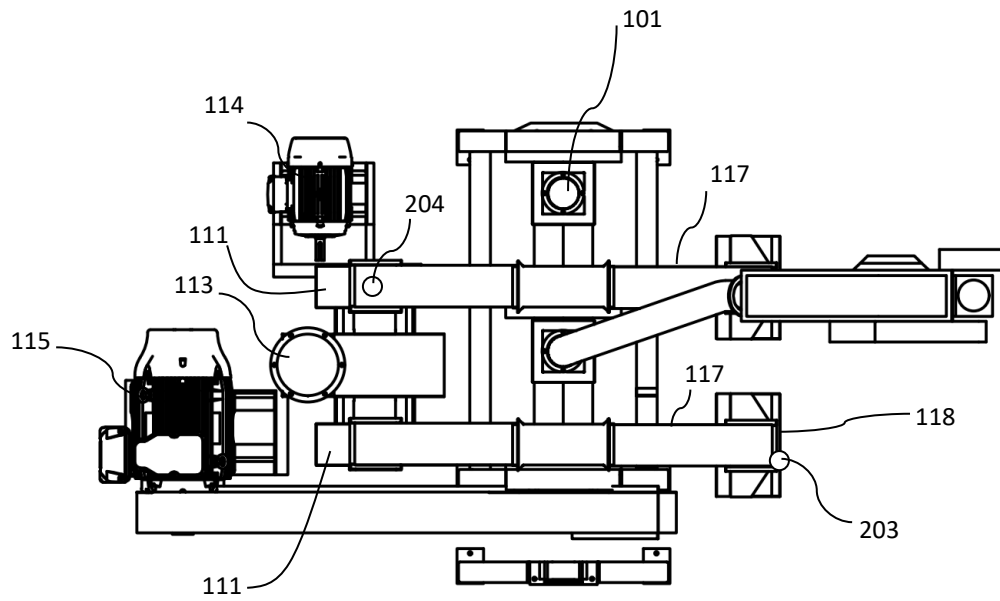


FIGURA 7

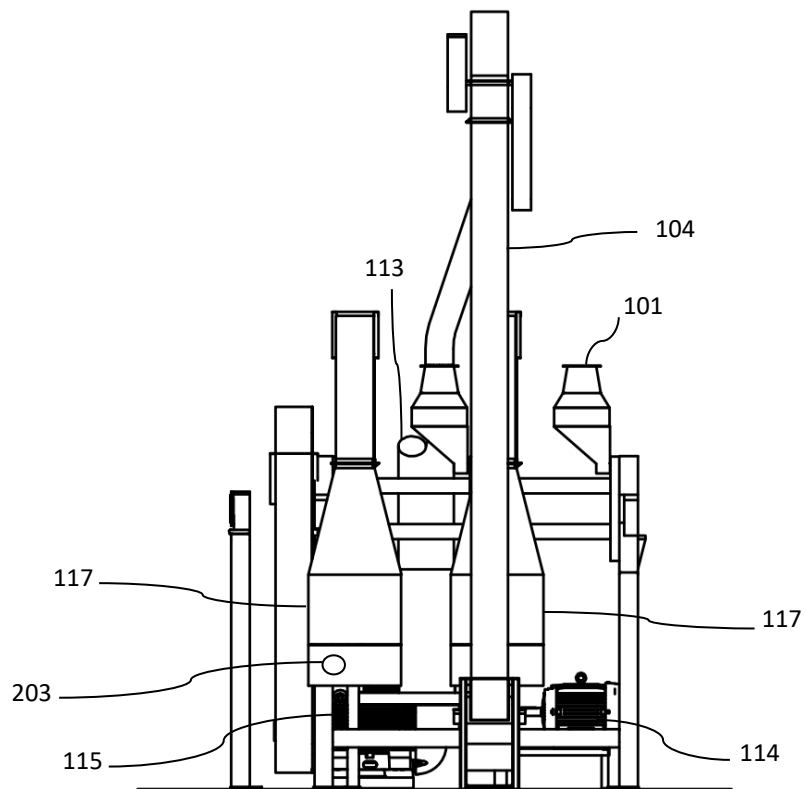


FIGURA 8

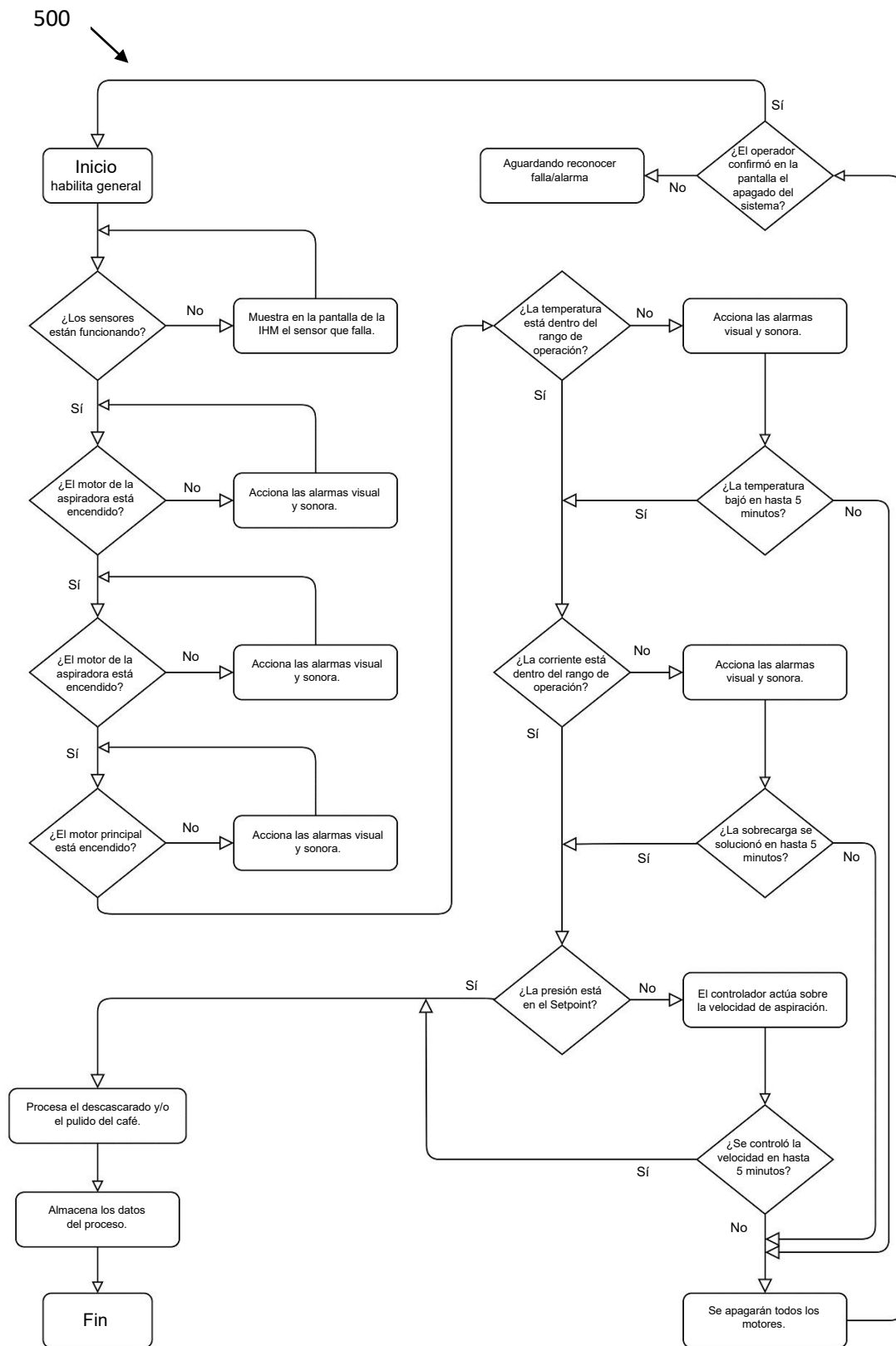


FIGURA 9

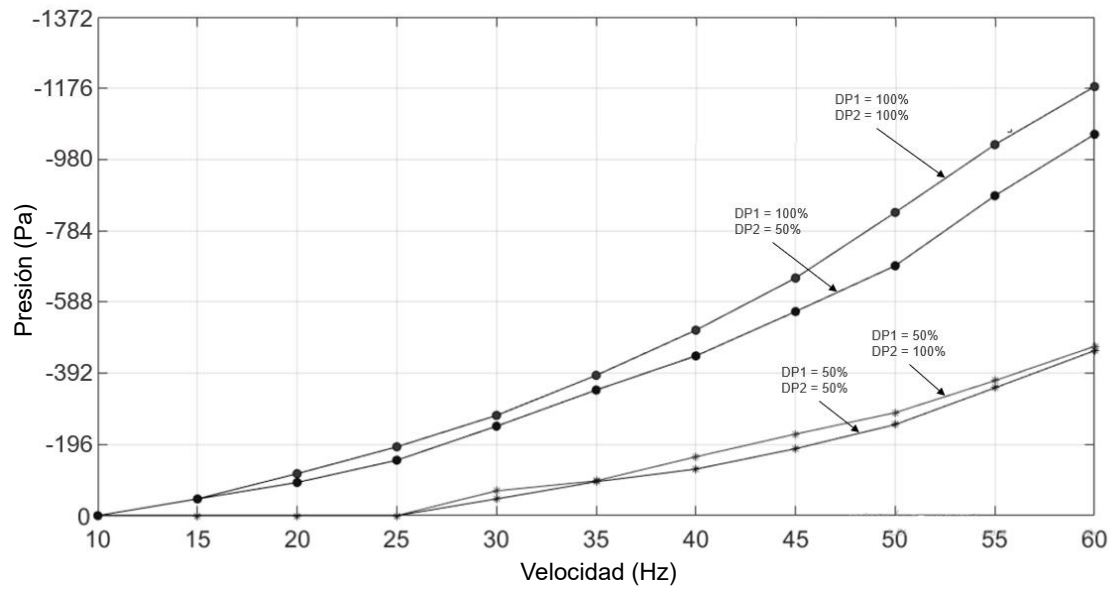


FIGURA 10

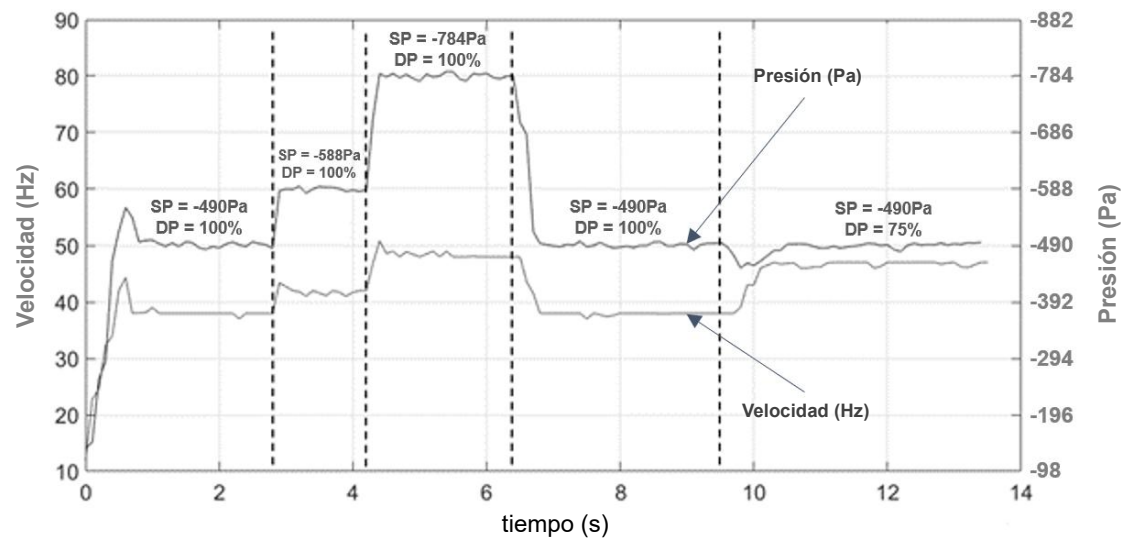


FIGURA 11

RESUMEN**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR UNA MÁQUINA AGRÍCOLA;
MÉTODO DE MONITOREO, DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN
UNA MÁQUINA AGRÍCOLA; SISTEMA DE DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE
FALLAS EN UNA MÁQUINA AGRÍCOLA Y MÁQUINA AGRÍCOLA
AUTOMATIZADA BENEFICIADORA DE GRANOS**

La presente invención divulga un sistema y método de control automatizado de presión, monitoreo y detección y localización de fallas en máquinas agrícolas (200) beneficiadora de granos. El sistema comprende equipos electrónicos de automatización industrial como sensores de presión (204), sensor de temperatura (203) y sensor de corriente eléctrica (208), *Soft Starter* (201), variador de frecuencia (205) y dispositivos que recopilan señales para garantizar el funcionamiento automático de una máquina agrícola (200). El sistema controla la velocidad de rotación de un ventilador de aspiración (112) doble que proporciona un flujo de aire de succión y un flujo de aire de aspiración para la succión de impurezas. El control del sistema se realiza mediante un controlador (210) en lazo cerrado. Dicho sistema de control automático de presión (200) se produce en el interior de las tuberías (217) para la aspiración de las impurezas procedentes del descascarado del grano, con el fin de evitar que los granos sean aspirados junto con las cáscaras. El sistema proporciona una mejora en la eficiencia de la máquina a través de la interfaz hombre-máquina para monitorear y registrar las principales variables, detectar y localizar fallas; con funcionalidades de enclavamiento, para evitar deteriorar tanto la máquina como la calidad del producto final.