



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

(11) PI 0719640-7 B1

(22) Data do Depósito: 03/12/2007

(45) Data de Concessão: 28/08/2018



(54) Título: "SISTEMA DE PROTEÇÃO DE ALTA INTEGRIDADE E MÉTODO PARA O TESTE DE SEGURANÇA OPERACIONAL DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO DE ALTA INTEGRIDADE"

(51) Int.Cl.: F17D 1/20

(30) Prioridade Unionista: 29/12/2006 US 11/648,312

(73) Titular(es): SAUDI ARABIAN OIL COMPANY

(72) Inventor(es): PATRICK S. FLANDERS

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/06/2009

"SISTEMA DE PROTEÇÃO DE ALTA INTEGRIDADE E MÉTODO PARA O TESTE DE SEGURANÇA OPERACIONAL DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO DE ALTA INTEGRIDADE"

Campo da invenção

[001] A presente invenção refere-se a um método e a um aparelho para a operação e teste de um sistema de proteção de alta integridade (HIPS) conectado a um sistema de tubos de cabeça de poço.

Histórico da invenção

[002] Na indústria de petróleo e gás, as tubulações adutoras de fluido de produção a jusante da cabeça de poço têm, geralmente, paredes finas a fim de minimizar o custo da tubulação adutora. Portanto, é necessário que tais tubulações adutoras sejam protegidas contra pressão excessiva que pode romper o tubo, cuja substituição seria cara e causaria poluição ambiental. Um sistema convencional usado para proteger tubulações adutoras da sobre-pressão é o sistema de proteção de alta integridade (HIPS). Tipicamente, este é um sistema eletro-hidráulico empregando sensores de pressão para medir a pressão nos tubos que são usados através da eletrônica de um módulo de controle para controlar o fechamento de uma válvula de HIPS de tubo de produção. Este arranjo retém a alta pressão dentro de uma seção curta de tubulação entre a árvore de produção e a válvula de HIPS que é capaz de suportar a pressão. Isto impede que a seção principal de parede mais fina da tubulação seja exposta a níveis de pressão que podem ultrapassar a capacidade nominal de pressão da tubulação.

[003] É uma exigência necessária que a segurança do HIPS seja testada regularmente uma vez que um mal-funcionamento em

operação do HIPS apresenta o risco de dano significativo para a tubulação. O sistema convencional não pode ser testado durante sua operação. Consequentemente, o sistema de produção tem de cessar as operações e ser isolado para o teste. A interrupção de operações tem sérias implicações financeiras. Além disso, pelo menos um operador tem de estar próximo do HIPS durante o teste, uma vez que as operações de válvulas e de outros componentes são executadas manualmente por uma pessoa.

[004] Várias abordagens foram propostas para testar e proteger válvulas e sistemas de tubos de sobre-pressão. Por exemplo, o pedido de patente publicado US2005/0199286 divulga um sistema de proteção de pressão se alta integridade no qual dois módulos conectados a jusante de duas tubulações adutoras e a montante de duas tubulações adutoras tendo orifícios de entrada e saída. Um circuito de conduíte conecta os dois orifícios e se instala uma tubagem de acoplamento na tubulação adutora entre as porções a montante e a jusante. A tubagem de acoplamento conduz seletivamente fluxos em cada uma da primeira e segunda tubulação adutora através do primeiro e segundo módulo. O sistema permite a condução de fluxos de regiões a montante de ambas as tubulações adutoras através de um dos módulos e depois para uma região a jusante de uma das tubulações adutoras para permitir que o outro módulo seja removido para manutenção, reparo e/ou substituição. Não há nenhuma divulgação ou sugestão de um aparelho ou método para testar a operação do sistema enquanto ele está operante.

[005] Por exemplo, a patente U.S. nº 6.591.201, para Hyde, divulga um sistema de teste de pulso de energia de

fluido no qual se utilizam pulsos de energia para testar características dinâmicas de desempenho de sistemas e dispositivos de controle de fluido, como válvulas de tomada de gás. Este sistema de teste é útil para testar válvulas de segurança de superfície em circuitos hidráulicos, mas não provê informação de segurança da capacidade global do sistema de executar função de segurança.

[006] A patente U.S. nº 6.880.567, para Klaver et al., divulga um sistema que inclui sensores, um sistema de controle de segurança e válvulas de fechamento, usado para proteger equipamento de processo a jusante de sobre-pressão. Este sistema utiliza um método teste de percurso parcial no qual se fecham válvulas de bloco até um ponto predeterminado e depois são reabertas. Entretanto, este sistema tem de interromper a produção para o teste diagnóstico.

[007] A patente U.S. nº 7.044.156, para Webster, divulga um sistema de proteção de tubulação adutora no qual pressão de fluido numa seção de tubulação que ultrapassa uma pressão de referência do fluido hidráulico fornecido para uma válvula de pressão diferencial, a válvula de pressão diferencial é aberta, e dessa forma faz com que a pressão hidráulica na válvula acionada hidraulicamente seja liberada via um respiradouro. Entretanto, o sistema de proteção não provê qualquer meio de diagnóstico de válvula e é forçado a interromper a produção para as válvulas de fechamento serem completamente fechadas.

[008] A patente U.S. nº 5.524.484, para Sullivan, divulga um sistema de diagnóstico de válvula operada por solenóide que permite ao usuário de válvula com a capacidade de monitorar a condição da válvula em serviço a tempo de

detectar qualquer degradação ou problemas na válvula e seus componentes e corrigi-los antes que ocorra uma falha da válvula. Este sistema não permite um teste de válvulas de fechamento sem uma interrupção de produção.

[009] A patente U.S. nº 4.903.529, para Hodge, divulga um método para testar um sistema de fluido hidráulico no qual um aparelho analisador portátil tem um suprimento de fluido hidráulico, um conduíte de saída, uma unidade para fornecer fluido hidráulico sob pressão do suprimento para o conduíte de saída, um conduíte de retorno comunicando com o suprimento, um monitor de pressão de fluido conectado ao conduíte de saída, e um monitor de fluxo de fluido conectado ao conduíte de retorno. O aparelho analisador desliga a entrada de fluido do dispositivo da fonte e liga a entrada de fluido ao conduíte de saída, e desliga a saída de fluido do dispositivo do reservatório e liga aquela saída de fluido ao conduíte de retorno. A pressão de fluido é monitorada no conduíte de saída e o fluxo de fluido através do conduíte de retorno com a unidade no devido lugar no sistema. Entretanto, este método requer a interrupção da produção para testar o sistema hidráulico.

[0010] O documento WO 03/106888 A1 descreve um sistema de proteção de pressão com um circuito de condução que conecta as porções a montante e a jusante de uma tubulação e que contém válvulas de segurança controladas por um módulo de controle e transmissores de pressão que podem ser operados com o módulo de controle.

[0011] A patente U.S. nº 4.174.829, para Roark et al., divulga um dispositivo de segurança sensor de pressão no qual um transdutor produz um sinal elétrico em relação a uma

pressão percebida e um dispositivo-piloto uma pressão fora de faixa percebida quando a pressão percebida ultrapassa uma faixa predeterminada, o que permite tomar uma ação corretora apropriada se necessário. O dispositivo requer intervenção de operadores.

[0012] A patente U.S. nº 4.215.746, para Hallden et al., divulga um sistema de segurança sensível à pressão para linhas de fluidos que fecha num poço no caso de condições de pressão incomuns na linha de produção do poço. Uma vez a válvula de segurança ter fechado, um controlador para detectar quando a pressão está dentro de uma faixa predeterminada desliga e deve ser reiniciado manualmente antes da válvula de segurança poder ser aberta. O sistema resulta numa interrupção de produção e intervenção de operadores.

[0013] Portanto, é um objetivo da presente invenção prover um aparelho e um método para testar o HIPS enquanto ele estiver em operação, enquanto o HIPS opera como uma linha de fluxo para um sistema de tubos e sem interromper a linha de produção à qual ele está conectado.

[0014] Um outro objetivo é prover um aparelho e um método para testar automaticamente a segurança de um HIPS sem a intervenção de um operador.

[0015] Preferivelmente, a unidade é provida com flanges padronizadas e é construída integralmente.

Sumário da invenção

[0016] Os objetivos acima, bem como outras vantagens descritas abaixo, são atingidas pelo método e aparelho da invenção que provê um sistema de produção de alta integridade (HIPS) que protege e testa o controle de um sistema de tubos

conectado a uma cabeça de poço. O HIPS da presente invenção tem uma entrada para conexão com a cabeça de poço e uma saída para conexão com um sistema de tubos a jusante e, numa incorporação preferida, é construído como um sistema integral montado em deslizador para transporte até o sítio onde ele será instalado.

[0017] O HIPS compreende dois conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs), dois conjuntos de válvula de controle de ventilação (VCVs) e um solver lógico de segurança. Os dois conjuntos de SSVs estão em comunicação fluida com a entrada, e os dois conjuntos estão em paralelo um em relação ao outro. Cada conjunto de SSVs tem duas SSVs em série, e um ou ambos os dois conjuntos de SSVs são operáveis como uma linha de fluxo para fluidos introduzidos pela entrada e passando através da saída para o sistema de tubos. Conecta-se cada uma das VCVs na tubulação intermediária dos dois conjuntos de SSVs, e cada uma das VCVs está em comunicação fluida com uma linha de ventilação, que em resposta à abertura de uma VCV dá vazão à pressão hidráulica entre as duas SSVs. O solver lógico de segurança está em comunicação fluida com as SSVs e as VCVs e produz sinais para controlar a operação das SSVs e VCVs. Preferivelmente, as VCVs são operadas eletricamente.

[0018] Os transmissores sensores de pressão monitoram a pressão de linha de fluxo de tubulação a jusante da saída de HIPS. Numa incorporação preferida, provêm-se três transmissores de pressão na saída. Programa-se o solver lógico para transmitir um sinal para fechar as SSVs em resposta a um aumento na pressão acima de um valor limite transmitido pelo menos dois dos três sensores de pressão.

Como ficará óbvio para aqueles de treino usual na técnica, podem ser empregados mais ou menos que três sensores nesta parte do sistema.

[0019] Cada uma das duas VCVs está conectada a uma linha de fluxo que está em comunicação fluida com uma linha de respiro comum. A linha de respiro pode ser conectada a um tanque reservatório ou outro meio de armazenamento ou recirculação. Cada conjunto de SSVs é operável independentemente da operação do conjunto em paralelo de SSVs. Os transmissores sensores de pressão são posicionados para monitorar a pressão entre as SSVs em cada um dos dois conjuntos de SSVs.

[0020] Numa incorporação preferida, programa-se o solver lógico de segurança para manter um conjunto de SSVs numa posição aberta quando o conjunto em paralelo de SSVs se mover para uma posição fechada proveniente de uma posição aberta durante um teste de percurso completo. Além disso, programa-se o solver lógico de segurança para medir e registrar a pressão entre um par de SSVs fechadas durante um teste de fechamento hermético, e para abrir a VCV entre as SSVs fechadas por um curto período de tempo durante o teste para aliviar ou reduzir a pressão de linha.

[0021] Noutra incorporação preferida, programa-se o solver lógico de segurança para gerar um sinal de falha durante o período de teste de fechamento hermético se a pressão entre as SSVs fechada e de respiradouro aberto for superior a um valor limite predeterminado após fechamento da VCV. Noutra incorporação preferida ainda, programa-se o solver lógico de segurança para apontar as SSVs fechadas para uso como um conjunto operacional de SSVs se, durante o período de teste,

a pressão entre as SSVs fechadas não for superior a um valor limite predeterminado.

[0022] As VCvs são fechadas durante operações normais e durante um teste de percurso completo.

[0023] O HIPS da invenção compreende ainda válvulas de fechamento manuais posicionadas a montante e a jusante de cada um dos conjuntos em paralelo de SSVs, que podem ser usadas para isolar cada um dos conjuntos de SSVs do sistema de tubos, por exemplo, para manutenção, reparos e/ou substituição de componentes do sistema.

[0024] Numa incorporação preferida, provêm-se as SSVs com atuadores de válvula de segurança contra falha elétrica, por meio dos quais todas as válvulas se movem para uma posição fechada no caso de uma falha de energia. Isto resultaria no término de todo fluxo de fluido na tubulação a jusante do HIPS. Como será óbvio para aqueles de treino habitual na técnica, este tipo de fechamento de segurança contra falhas coordenaria com exigências semelhantes de fechamento na cabeça de poço ou em outros lugares a montante do HIPS.

[0025] Noutro aspecto da invenção, provê-se um método para testar a segurança operacional de HIPS que está conectado a um sistema de tubos de cabeça de poço. O HIPS tem primeiro e segundo conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs) em comunicação fluida com o sistema de tubos, e os dois conjuntos estão em paralelo um em relação ao outro. Cada conjunto de SSVs tem duas SSVs em série, e as SSVs são operáveis em resposta a sinais de um solver lógico de segurança descrito detalhadamente acima.

[0026] O primeiro conjunto de SSVs move-se de uma posição aberta para uma posição fechada para um teste de segurança de

fechamento hermético enquanto o segundo conjunto de SSVs está aberto como uma linha de fluxo para o sistema de tubos.

[0027] Um transmissor posicionado entre as SSVs fechadas transmite um sinal para o solver lógico de segurança que corresponde à pressão de fluido na tubulação entre as duas válvulas fechadas. A VCV, localizada entre o conjunto de SSVs fechadas, solta o fluido pressurizado entre as SSVs fechadas no início do teste de segurança. O fluido solto passa para um reservatório. Um sinal de alarme é acionado se o primeiro conjunto de SSVs não mantiver a pressão na tubulação entre as SSVs em ou abaixo de um nível limite predeterminado durante um tempo de paralisação predeterminado.

[0028] A pressão, por exemplo, em PSI, do fluido na seção de tubulação entre cada conjunto de SSVs é registrado antes e durante o teste de fechamento de segurança. Preferivelmente, provê-se um mostrador gráfico da pressão registrada para assistir o pessoal operacional na avaliação do desempenho do sistema em tempo real durante o teste.

[0029] O segundo conjunto de SSVs permanece aberto enquanto que o primeiro conjunto de SSVs retorna para a posição completamente aberta. Se o primeiro conjunto de SSVs não abrir completamente, será acionado um sinal de alarme. Cada um dos dois conjuntos de válvulas de segurança de superfície é provido com uma válvula de controle de respiro (VCV). A VCV conectada ao primeiro conjunto de SSVs abre por um período de tempo predeterminado para efetuar abertura de respiradouro de pressão após o primeiro conjunto de SSVs estar completamente fechado. As SSVs do primeiro conjunto movem-se para a posição aberta e as SSVs do segundo conjunto movem-se para a posição fechada. Mede-se a pressão entre as

SSVs do segundo conjunto de SSVs e um sinal de alarme será acionado se o segundo conjunto de SSVs não mantiver a pressão na tubulação intermediária em ou abaixo de um nível predeterminado.

Breve descrição dos desenhos

[0030] A presente invenção ainda será descrita abaixo e juntamente com os desenhos de acompanhamento nos quais:

[0031] A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de proteção de alta integridade (HIPS) de acordo com a invenção, que está conectado a uma cabeça de poço e a jusante de uma tubulação adutora;

[0032] A Figura 2 é um fluxograma das etapas de processo para um teste de fechamento hermético no HIPS da Figura 1; e

[0033] A Figura 3 é um display gráfico ilustrativo comparativo ilustrando tanto um teste de pressão satisfatório como um teste de pressão que falhou de um par de válvulas de segurança de superfície (SSVs) durante o teste de fechamento hermético.

[0034] Para facilitar um entendimento da invenção, quando apropriado, usaram-se os mesmos números de referência para indicar os mesmos elementos ou elementos semelhantes que são comuns às figuras. Salvo se declarado contrariamente, as características mostradas e descritas nas figuras não estão desenhadas em escala, mas são mostradas somente com propósitos ilustrativos.

Descrição detalhada da invenção

[0035] Referindo à Figura 1, instala-se um sistema de proteção de alta integridade (HIPS) 10, contíguo a uma cabeça de poço num sistema de tubos para transportar um produto fluido pressurizado, tal como petróleo ou gás, da cabeça de

poço 102 para um local hospedeiro remoto via tubulação adutora 104. O HIPS tem uma entrada 1 conectada à tubulação de cabeça de poço 102 e uma saída 2 conectada ao sistema de tubos 104 através das quais o produto líquido entra e sai do HIPS 10. Preferivelmente, monta-se o HIPS em deslizador para transporte até o sítio da cabeça de poço e, se necessário, é provido com flanges e adaptadores apropriados para fixar na entrada e saída da tubulação de campo petrolífero.

[0036] Dois conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs) 11, 12 e 13, 14 estão em comunicação fluida com a entrada 1 e a saída 2 e são, dessa forma, são operáveis como uma linha de fluxo para o produto fluido. Cada um dos conjuntos de SSVs, identificados e referidos como SSV-1 e SSV-2, tem duas SSVs 11-12 e 13-14, respectivamente, que estão conectadas em série. As SSVs fecham automaticamente na falta de fornecimento de energia para elas e são mantidas numa posição aberta por atuadores convencionais movidos eletricamente ou hidraulicamente para proteger o sistema de tubos 104 a jusante de condições operacionais anormais.

[0037] Duas válvulas controle de ventilação (VCVs) 41, 42 são conectadas à tubulação intermediária aos dois conjuntos de SSVs 11, 12 e 13, 14, respectivamente, e estão em comunicação fluida com uma linha de respiro 106. A linha de respiro 106 está em comunicação fluida com um reservatório de fluido 70, que serve como um tanque fechado de sistema de coleta. Alternativamente, a linha de respiro pode ser dirigida para um poço de queima (não mostrado) próximo do sítio de poço. As VCVs 41, 42 no momento de sua abertura podem descarregar fluido pressurizado entre as duas SSVs na tubulação de respiro 106. As válvulas 71, 72 e 81 controlam

fornecimento de pressão hidráulica pelo reservatório de pressão via sua abertura e fechamento. Quando a válvula 81 abre, nitrogênio pressurizado do tanque 80 força fluido para fora do reservatório 70, ou na tubulação adutor de HIPS ou via válvula 72 para uso ou disposição alternativa. As VCVs 41, 42 descarregam fluido pressurizado de entre as duas SSVs na tubulação de respiro no momento de sua abertura. Os transmissores sensores de pressão 54, 55 estão localizados entre as respectivas SSVs para determinar a pressão de linha de fluxo entre as duas SSVs. Múltiplos transmissores sensores de pressão podem opcionalmente ser instalados em locais 54 e 55 para garantir confiabilidade e como suprimentos de reserva para o sistema de teste.

[0038] Transmissores sensores de pressão 51, 52, 53 são instalados a montante da saída 2 para monitorarem a pressão de linha de fluxo que deixa o HPIS pela saída 2. Os três transmissores são monitorados pelo solver lógico de segurança 31. Se quaisquer dois dos três transmissores 51-53 perceberem uma pressão acima de um valor limite predeterminado, o solver lógico 31 fecha automaticamente o poço via SSVs 11-14, protegendo dessa maneira a tubulação adutora a jusante de pressão excessiva.

[0039] Um solver lógico 31, que, preferivelmente, é um módulo de software pré-programado num computador ou similares, está em comunicação fluida com as SSVs 11-14, VCVs 41, 42, e com os transmissores sensores de pressão 51-55 via conexão a cabo rígido ou transmissores sem fio. O solver lógico de segurança 31 produz e transmite sinais para controlar a operação das SSVs 11-14 e das VCVs 41, 42. O controle é executado baseado nos dados de pressão

provenientes dos transmissores sensores de pressão 51-55.

[0040] Instalam-se válvulas manuais 61-64 entre a entrada 1 e a saída 2 e SSVs 11-14 para isolar os dois conjuntos de SSVs 11-14 do sistema de tubos no caso de uma emergência e também a fim de que o sistema possa ser paralisado manualmente para reparo e/ou substituição de qualquer um dos componentes.

[0041] Todas as válvulas são operadas por atuadores de válvulas convencionais (não mostrados) tais como aqueles que são bem conhecidos na técnica. Os atuadores de válvulas e transmissores de pressão 51-55 têm capacidades de autodiagnóstico e comunicam quaisquer falhas detectáveis para o solver lógico de segurança 31.

[0042] O método para executar o teste de fechamento e o teste de percurso completo de acordo com a invenção serão descritos com referência à Figura 2. Antes do início do teste, faz-se uma checagem de segurança da linha de fluxo de HIPS. Se a pressão de linha de fluxo ultrapassa um nível limite predeterminado, todas as SSVs se fecham (S20). Caso contrário, as SSVs 11, 12 do primeiro conjunto se fecham e as SSVs 13, 14 do segundo conjunto se abrem (S30).

[0043] As SSVs 11, 12 do primeiro conjunto são então abertas para preparar um teste das SSVs 13, 14 do segundo conjunto (S40). Determina-se se as SSVs 11, 12 do primeiro conjunto, que são usadas como uma linha de fluxo durante o teste de fechamento das SSVs 13, 14 do segundo conjunto, estão completamente abertas (S50). Se as SSVs 11, 12 do primeiro conjunto não estiverem completamente abertas, um sinal de alarme será acionado e o teste estará terminado (S60). Se as SSVs 11, 12 do primeiro conjunto estiverem

completamente abertas, as SSVs 13, 14 do segundo conjunto serão fechadas (S70). O fechamento completo das SSVs 13, 14 a ser testado é checado para a preparação do teste de fechamento hermético (S80). Se as SSVs não estiverem completamente fechadas, um sinal de alarme será acionado e o teste estará terminado (S90).

[0044] Se as SSVs estiverem completamente fechadas, o teste de fechamento hermético das SSVs 13, 14 será iniciado. A VCV 42 localizada intermediária ao segundo conjuntos de SSVs 13, 14 é aberta para reduzir a pressão entre as SSVs 13, 14 até um valor estável (S100).

[0045] A VCV 42 é então fechada e checa-se a vedação de pressão de VCV 42 (S110). Se a VCV 42 não estiver completamente fechada, ou a válvula tem vazamento tal que a pressão continuará diminuindo na seção ventilada de tubo entre as válvulas, um sinal de alarme será acionado e será tomada alguma ação corretora apropriada (S120). Se a VCV 42 estiver completamente fechada, medir-se-á a pressão entre as SSVs 13, 14 (S130). A pressão entre as SSVs 13, 14 continua a ser monitorada pelo transmissor de pressão 55 e o resultado é enviado para o solver lógico de segurança 31 o teste de fechamento hermético até o final do período de teste de fechamento hermético (S140).

[0046] Os dados obtidos durante o teste de fechamento hermético estão representados graficamente para dois cenários diferentes na Figura 3. Quando a VCV 42 é aberta, a pressão entre as SSVs 13, 14 cai de uma pressão operacional normal para uma pressão menor e a VCV 42 está completamente fechada. Se a pressão entre as SSVs 13, 14 aumentar, considerar-se-á como evidência de que há vazamento numa ou em ambas as SSVs

13, 14. Uma vez que alguma quantidade mínima de vazamento pode ser aceitável, deve-se determinar se um aumento de pressão, ou o aumento da taxa de pressão, ultrapassa um nível limite predeterminado durante ou após o período do teste de fechamento hermético (S150). Se durante o período de teste, a pressão estiver acima do nível limite, ela indicará uma falha das SSVs 13, 14 fecharem completamente, e um sinal de alarme será acionado pelo solver lógico de segurança 31 que informará a falha do teste de fechamento hermético das SSVs 13, 14 (S160). Se durante o período de teste, o aumento de pressão não ultrapassar o nível limite, as SSVs 13, 14 do segundo conjunto foram aprovadas no teste de fechamento hermético. As SSVs 11, 12 do primeiro conjunto estavam numa posição aberta provendo trajetória de fluxo para produção durante o teste de fechamento hermético das SSVs 13, 14 (S170). Para completar o teste funcional de sistema, as SSVs 13, 14 do segundo conjunto, que foram aprovadas no teste de fechamento hermético, são abertas novamente e usadas como uma linha de fluxo (S180).

[0047] A descrição acima tornará óbvio que as SSVs 11, 12 do primeiro conjunto são testadas usando substancialmente a mesma metodologia.

[0048] A presente invenção permite que o HIPS opere continuamente como uma linha de fluxo enquanto se executa um teste de fechamento hermético e um teste de percurso completo, e se possa tomar simultaneamente qualquer ação protetora necessária. A operação automática pelo solver lógico de segurança garante que ocorrerão condições de fechamento de emergência, mesmo durante um teste. Um registro do teste é armazenado e pode ser recuperado posteriormente ou

exibido eletronicamente e/ou em forma gráfica impressa ou como dados tabulados.

[0049] Embora várias incorporações que incorporam os ensinamentos da presente invenção tenham sido mostradas e descritas detalhadamente, outras e variadas incorporações tornar-se-ão óbvias para aqueles de treino habitual na técnica e determina-se a abrangência da invenção pelas reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de proteção de alta integridade, para testar a proteção e controle de pressão de um sistema de tubos (104) conectados a uma cabeça de poço (102), o sistema de proteção de alta integridade (HIPS) (10) tendo uma entrada (1) conectada à cabeça de poço (102) e uma saída (2) conectada ao sistema de tubos (104), caracterizado pelo fato de compreender: dois conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs) (11, 12; 13, 14) em comunicação fluida com a entrada (1), os dois conjuntos estando em fluxo de fluido em paralelo um em relação ao outro, cada conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) incluindo duas SSVs (11, 12; 13, 14) em série, a saída do segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) sendo conectada a saída do primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) tal que as saídas de ambos conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14) continuam através de um tubo de saída comum, um ou ambos dos conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14) operáveis como uma trajetória de fluxo para fluidos introduzidos pela entrada (1) e que passam através da saída de HIPS para o tubo de saída comum;

duas válvulas de controle de ventilação (VCVs) (41, 42), cada uma delas conectada à tubulação intermediária de cada um dos conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14), cada uma das VCVs (41, 42) estando em comunicação fluida com uma linha de ventilação (106), através da qual, no momento da abertura de uma VCV, dá vazão à pressão de processo entre as duas SSVs (11, 12; 13, 14); e

um solver lógico de segurança (31) em comunicação com as SSVs (11, 12; 13, 14) e com as VCVs (41, 42), o solver lógico de segurança (31) gerando sinais para controlar a operação das

SSVs (11, 12; 13, 14) e das VCVs (41, 42).

2. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda: transmissores sensores de pressão (51, 52, 53) para medir e transmitir pressão numa seção de tubulação a montante da saída (2) de HIPS.

3. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de incluir três transmissores sensores de pressão (51, 52, 53) e o solver lógico (31) estar programado para transmitir um sinal para fechar as SSVs (11, 12; 13, 14) em resposta a um aumento de pressão acima de um valor limite transmitido por pelo menos dois dos três sensores de pressão (51, 52, 53).

4. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada uma das duas VCVs (41, 42) estar conectada a um conduíte que está em comunicação fluida com uma linha de ventilação (106) comum.

5. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) ser operável independentemente da operação do conjunto em paralelo de SSVs (11, 12; 13, 14).

6. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir transmissores sensores de pressão (51, 52, 53) posicionados entre as SSVs (11, 12; 13, 14) para medir a pressão entre as SSVs (11, 12; 13, 14) em cada um dos dois conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14).

7. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para manter um conjunto

das SSVs (11, 12; 13, 14) numa posição aberta quando o conjunto em paralelo de SSVs (11, 12; 13, 14) mover-se para uma posição fechada a partir de uma posição aberta durante um teste de percurso completo.

8. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para medir e registrar a resposta de cada SSV (11, 12; 13, 14) durante um teste de percurso completo.

9. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para medir e registrar a pressão de linha entre as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas durante um teste de fechamento hermético, e abrir a VCV (41, 42) entre as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas por um curto período de tempo durante o teste para aliviar a pressão de linha.

10. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para gerar um sinal de falha se a resposta de pressão de uma das SSVs (11, 12; 13, 14) testadas ultrapassar limites aceitáveis.

11. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para gerar um sinal de falha durante o período de teste de fechamento hermético se a pressão entre as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas for superior a um valor limite predeterminado após fechamento da VCV (41, 42).

12. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a

reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o solver lógico de segurança (31) estar programado para indicar as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas para uso como um conjunto operacional de SSVs (11, 12; 13, 14), se, durante o período de teste, a pressão entre as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas não for superior a um valor limite predeterminado.

13. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as VCVs (41, 42) estarem fechadas durante operações normais e durante um teste de percurso completo.

14. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda válvulas de fechamento manual (61-64) posicionadas a montante e a jusante de cada um dos conjuntos em paralelo de SSVs (11, 12; 13, 14) para isolar cada um dos conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14) do sistema de tubos adjacente.

15. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de estar montado integralmente para transporte numa plataforma móvel.

16. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as SSVs (11, 12; 13, 14) serem providas com atuadores de válvulas de segurança contra falhas, movidos eletricamente, através dos quais as válvulas se movem para uma posição fechada no caso de uma falha de energia.

17. Sistema de proteção de alta integridade, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as VCVs (41, 42) serem operadas eletricamente.

18. Método para o teste de segurança operacional de um sistema de proteção de alta integridade, conectado a um

sistema de tubos de cabeça de poço, caracterizado pelo fato de compreender:

prover um HIPS (10) que tem primeiro e segundo conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs) (11, 12; 13, 14) em comunicação fluida com o tubo (104), os dois conjuntos estando em paralelo um em relação ao outro, cada conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) tendo duas SSVs (11, 12; 13, 14) em série, a saída do segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) sendo conectada a saída do primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) de modo que as saídas de ambos conjuntos de SSVs (11, 12; 13, 14) continuam através de um tubo de saída comum, as SSVs (11, 12; 13, 14) sendo operáveis em resposta a sinais de um solver lógico de segurança (31);

mover o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) de uma posição aberta para uma posição fechada para um teste de segurança de fechamento hermético enquanto o segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) está aberto como uma linha de fluxo para o tubo; e

acionar um sinal de alarme se o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) não mantiver a pressão na tubulação entre as SSVs (11, 12; 13, 14) num ou abaixo de um nível limite predeterminado.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de pelo menos um transmissor sensor de pressão (51, 52, 53) posicionado entre as SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas transmitir um sinal para o solver lógico de segurança (31) que corresponda à pressão de fluido na tubulação entre as duas válvulas fechadas.

20. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de incluir ventilar o fluido pressurizado entre as

SSVs (11, 12; 13, 14) fechadas no início do teste de segurança.

21. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de incluir registrar a pressão do fluido na seção de tubulação entre cada conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) antes e durante o teste de fechamento de segurança das válvulas.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de incluir prover um mostrador dos níveis de pressão registrados.

23. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de o segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) permanecer aberto enquanto o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) retorna para a posição completamente aberta.

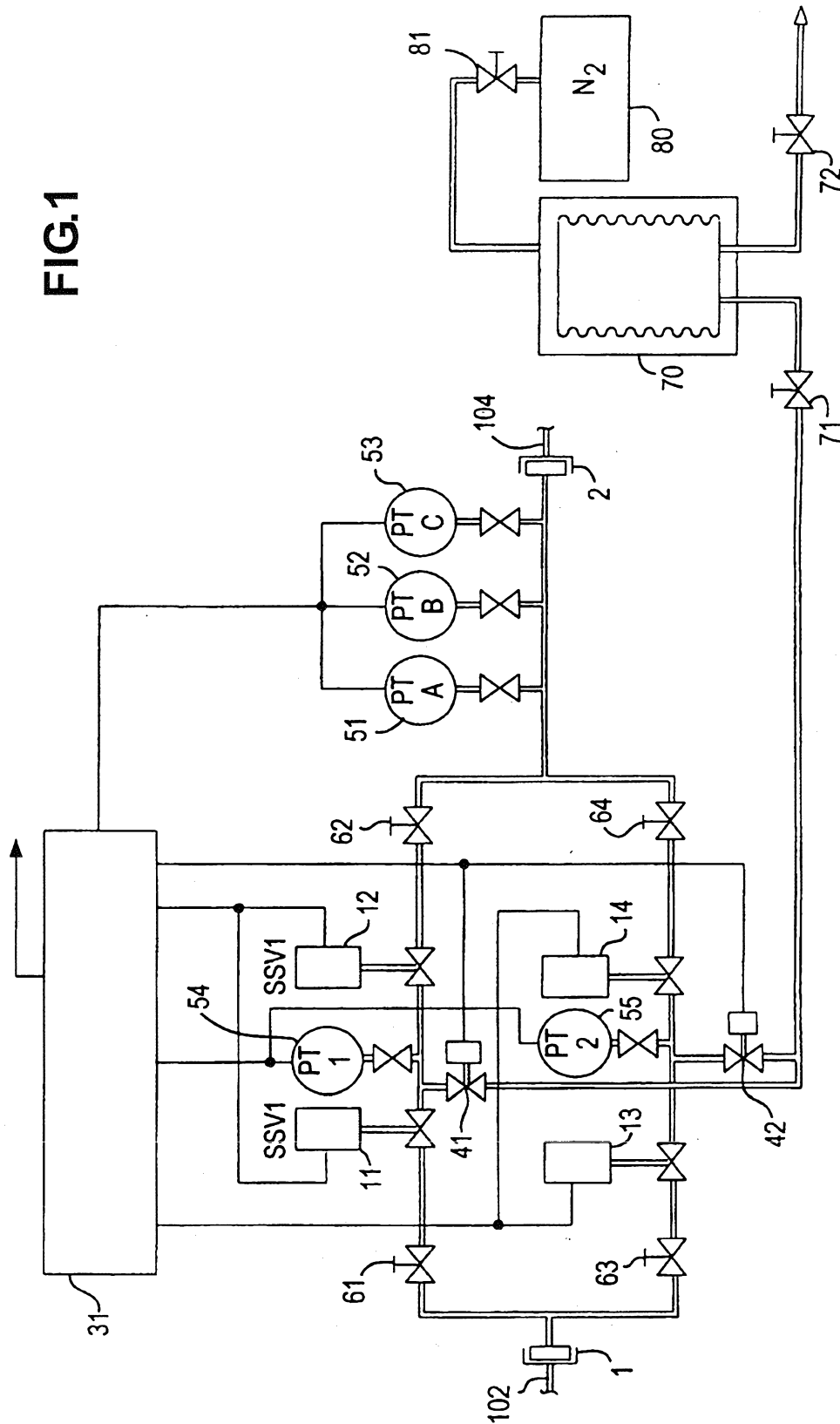
24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de um alarme ser acionado se o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) não abrir completamente.

[0050] 25. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de incluir: prover cada um dos dois conjuntos de válvulas de segurança de superfície (SSVs) (11, 12; 13, 14) com uma válvula de controle de ventilação (VCV) (41, 42); e abrir a VCV (41, 42) conectada ao primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) por um período de tempo predeterminado quando o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) estiver fechado para efetivar a manutenção da pressão no tubo entre a SSVs (11, 12; 13, 14) em ou abaixo de um nível mínimo predeterminado.

26. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de compreender ainda: mover o primeiro conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) para a posição aberta; mover o segundo

conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) para a posição fechada; medir a pressão entre as SSVs (11, 12; 13, 14) do segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) por um período de tempo predeterminado; e acionar um sinal de alarme se o segundo conjunto de SSVs (11, 12; 13, 14) não mantiver a pressão na tubulação intermediária no ou abaixo de um nível predeterminado.

FIG.1



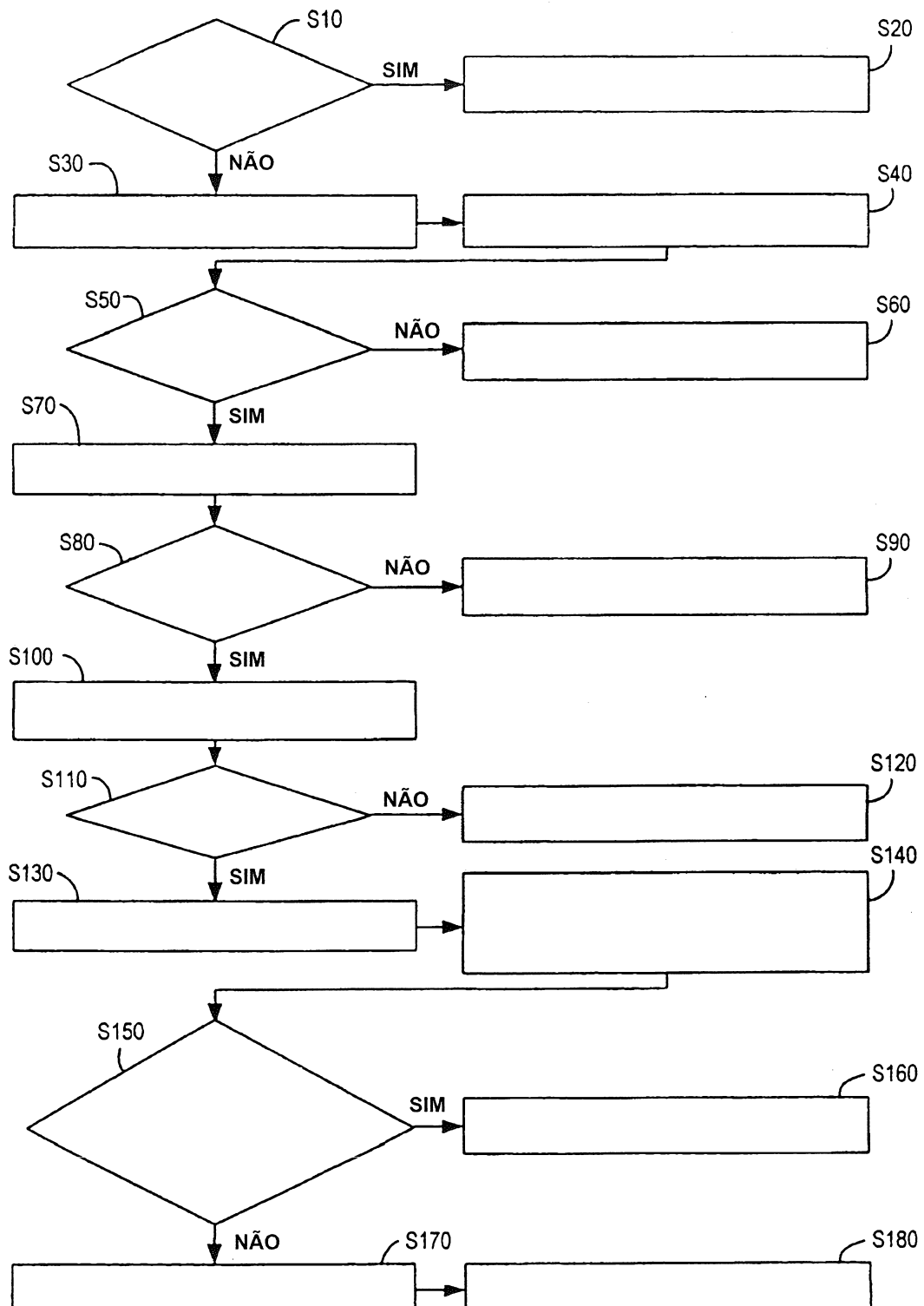


FIG.2

