



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

(11) BR 112016005668-0 B1



(22) Data do Depósito: 18/04/2014

(45) Data de Concessão: 10/05/2022

(54) Título: ACIONAMENTO DE UMA HASTE DE SEGURANÇA E EMERGÊNCIA DE UM REATOR NUCLEAR

(51) Int.Cl.: G21C 7/12.

(30) Prioridade Unionista: 31/10/2013 RU 2013148440.

(73) Titular(es): JOINT STOCK COMPANY AKME ENGINEERING.

(72) Inventor(es): VAKHRUSHIN, MIKHAIL PETROVICH; GOLOVIN, IVAN ALEKSANDROVICH; PODIN, ALEKSEY IVANOVICH; USMANOV, ANTON ERIKOVICH.

(86) Pedido PCT: PCT RU2014000283 de 18/04/2014

(87) Publicação PCT: WO 2015/065234 de 07/05/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/03/2016

(57) Resumo: ACIONAMENTO DE UMA HASTE DE SEGURANÇA E EMERGÊNCIA. A invenção refere-se à tecnologia nuclear e especificamente aos sistemas para o controle e proteção dos reatores nucleares. Um acionamento de uma haste de segurança e emergência de um reator nuclear inclui um acionamento elétrico, uma engrenagem redutora e uma engrenagem de cremalheira e pinhão. O acionamento elétrico contém um motor elétrico sem contato com base em ímãs permanentes, que é instalado na carcaça do acionamento elétrico com um sensor de posição do rotor do motor e uma engrenagem redutora para alterar a taxa de rotação do acionamento elétrico. Uma cremalheira é instalada ao longo do eixo da engrenagem de cremalheira e pinhão para fornecer o movimento alternado de uma haste amortecedora do sistema conectada à mesma. Uma embreagem eletromagnética dentada contendo uma fonte de corrente sem contato é instalada sobre um eixo interno da engrenagem cremalheira e pinhão, permitindo o acoplamento mecânico rígido e simultâneo de metade dos acoplamentos, e o acionamento contém um acoplamento de movimento reverso, uma mola de separação de cremalheira e sensores de posição da cremalheira denteada. A invenção torna possível reduzir o tempo necessário para a adição de reatividade negativa ao núcleo de um reator (...).

“ACIONAMENTO DE UMA HASTE DE SEGURANÇA E EMERGÊNCIA DE UM REATOR NUCLEAR”.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A invenção refere-se à tecnologia nuclear e especificamente a sistemas de operação de reatores nucleares de nêutrons rápidos em condições de emergência para inserção de reatividade negativa e a sistemas de controle e proteção (CPS) de reatores nucleares.

HISTÓRICO DA TÉCNICA

[002] Uma planta com reator de circuito duplo com um refrigerante de metal líquido pesado (liga eutética de chumbo-bismuto) no circuito primário e um meio de operação (água-vapor) no circuito secundário é projetada para converter a energia nuclear em energia térmica do vapor saturado.

[003] A unidade de proteção de emergência é um dispositivo de CPS projetado para executar funções de segurança de encerramento manual rápido, automático e remoto de uma reação em cadeia da fissão nuclear no núcleo da planta do reator (RP) através da rápida inserção de uma haste de emergência para controle de segurança no núcleo da planta do reator.

[004] Em sistemas modernos de controle e proteção do reator, altas exigências são impostas nas especificações de atuadores, tais como a taxa de inserção da haste de controle em um núcleo e a confiabilidade da função de proteção de emergência, ou seja, a inserção de haste de controle à prova de falhas em um núcleo.

[005] Um atuador de componentes de segurança e emergência do reator BN- 350 (Mitenkov F.M. et al. The Actuators of Control and Protection Rods for Sodium-Cooled Fast Reactors, Atomizdat, 1980, pp. 51–58) é conhecido. O atuador consiste de dois conjuntos separados: um servo e uma cremalheira fechada com uma haste e uma engrenagem de cremalheira e pinhão. A cremalheira com uma haste é montada no flange do tubo de estrutura da coluna central do reator. A cremalheira consiste em uma cremalheira em si, uma haste com ponta e garras. Existem hastes de guia na parte inferior da cremalheira e uma mola de amortecimento na parte superior. Uma haste de guia e um tubo inferior conectado às estrias do ressalto do acionamento que controlam

as garras passam através da haste.

[006] A engrenagem de cremalheira e pinhão inclui um par de engrenagens, rolos de guia, uma mola de aceleração e uma caixa com interruptores de extremidade indutiva.

[007] O servo é um conjunto separado a ser instalado no suporte da placa de base. O eixo de saída da engrenagem redutora do servo é conectado ao eixo de entrada da engrenagem de cremalheira e pinhão que usa uma embreagem dentada. O servo consiste de um motor elétrico DC, uma engrenagem de redução tipo sem fim de dois estágios, magnético elétrico, sensor de posição, embreagem de fricção em cone com as alavancas de controle, e uma porca do eixo. O eixo do motor elétrico é conectado ao eixo de entrada da engrenagem de redução através de uma embreagem de união cruzada.

[008] A rotação é transmitida a partir do motor elétrico por meio da embreagem do tipo cruzado, um par de cilindros e engrenagens sem-fim para o meio- acoplamento de fricção do acionamento através de conectores tipo esfera. Quando o magnético elétrico é ligado, este último transmite movimento para o meio-acoplamento acionado e através de dois pares de engrenagens do cilindro para o eixo de saída. O torque da embreagem exigido na embreagem de fricção é fornecido através do magnético elétrico através de componentes de um garfo, alavanca e cruz com molas e através de rolamentos axiais instalados na mesma. O movimento é transmitido a partir do servo através da embreagem dentada para o eixo de conjunto do selo e então para o par de engrenagens, convertendo o movimento rotativo em movimento alternado da haste com garras e do componente de emergência e segurança do reator.

[009] Entretanto, o projeto do atuador possui um número de desvantagens. O mecanismo inclui dois conjuntos, possui uma engrenagem complexa, pois o motor é assíncrono e não-ajustável. O acoplamento é fornecido através da embreagem de fricção com um magnético elétrico separado. A confiabilidade do acoplamento da embreagem de fricção pode ser reduzida devido à entrada de um lubrificante, objetos estranhos, por exemplo, no processo devido ao desgaste das superfícies de atrito. O mecanismo é difícil de fabricar e possui grandes dimensões.

[010] Um atuador de componentes de segurança e emergência do reator BN- 600

(Mitenkov F.M. et al. The Actuators of Control and Protection Rods for Sodium-Cooled Fast Reactors, Atomizdat, 1980, pp. 62–71) também é conhecido. O diagrama das engrenagens, bem como o diagrama do atuador de haste de controle, consiste de dois trens de acionamento: uma haste servo e uma garra servo. O antigo consiste de um acionamento elétrico, engrenagens de redução superiores, intermediárias e inferiores, eixo de torção, embreagem eletromagnética, embreagem excedente, um par de engrenagens, haste com garras, sensor de posição, molas de aceleração e de amortecimento.

[011] O diagrama de engrenagens de garras servo inclui um motor elétrico, engrenagem de redução tipo sem fim de dois estágios, tubo giratório, sensor de pulso, eixo oco com um ressalto e uma barra de guia.

[012] O atuador funcional de componentes de segurança e emergência do reator BN-600 se encontra próximo ao atuador dos componentes de segurança e emergência do reator BN-350. As dimensões foram reduzidas. Entretanto, suas engrenagens tornaram-se mais complexas. A condição complexa da engrenagem leva a uma degradação da confiabilidade do atuador.

[013] Além disso, o uso de uma embreagem de fricção magnética, em vez de uma eletromagnética sem contato, cria um campo eletromagnético. Contudo que quando o momento de resistência do rotor acionado seja aumentado, os dentes do rotor acionado são deslocados em relação aos dentes do rotor do acionamento em um certo ângulo. Se uma carga é imposta ao eixo do rotor acionado, de modo que o ângulo de deslocamento entre os dentes do rotor excede o limite, um escorregamento, ou seja, uma ruptura irá ocorrer. Os rotores saem de sincronismo e o torque não é mais transmitido.

[014] Além disso, o momento de inércia de peças rotativas transmitido para a cremalheira e pinhão aumenta o tempo de queda da haste. Uma das desvantagens da embreagem é seu elevado consumo de energia.

DIVULGAÇÃO DA INVENÇÃO

[015] A invenção resolve o problema da redução do tempo de inserção de reatividade negativa no núcleo do reator nuclear em caso de emergência, melhorando a confiabilidade do projeto do acionamento da haste de emergência e segurança e,

consequentemente, melhorando a segurança e a confiabilidade da planta do reator como um todo.

[016] O resultado técnico do projeto do acionamento da haste de emergência e segurança do reator nuclear reivindicado é como descrito a seguir:

- operação confiável da engrenagem do acionamento;
- redução do tempo de abertura do trem de acionamento e, consequentemente, redução do tempo de inserção da haste absorvedora de emergência e segurança em caso de emergência ou apagão;
- interligação confiável do movimento reverso da cremalheira com uma haste absorvedora de CPS (salto), quando a haste absorvedora é lançada, excluindo a rotação do pinhão da cremalheira para a operação de elevação através da embreagem excedente;
- eliminação de ajuste complexo e configuração combinada do magnético elétrico e do sistema de embreagem dentada;
- miniaturização do acionamento.

[017] Para resolver este problema, o projeto de um acionamento de haste absorvedora de segurança e emergência do reator nuclear compreendendo um acionamento elétrico, uma engrenagem redutora e uma engrenagem de cremalheira e pinhão é sugerido. O acionamento elétrico compreende um motor elétrico sem escovas, um estator do motor instalado na carcaça do acionamento elétrico e um rotor rigidamente unido ao eixo do acionamento. O motor elétrico sem contato com base em magnéticos permanentes é usado como um motor elétrico sem escovas. O eixo do acionamento é montado sobre rolamentos rotativos.

[018] Um solucionador de sincronia sem contato é montado sobre o eixo de acionamento elétrico. Um freio eletromagnético normalmente fechado também é montado sobre este eixo.

[019] Uma cremalheira dentada é instalada ao longo do eixo da engrenagem de cremalheira e pinhão para oferecer o movimento alternado de uma haste absorvedora de CPS, conectada a mesma por meio do pinhão da cremalheira que converte o movimento rotativo em linear.

[020] A cremalheira dentada da engrenagem de cremalheira e pistão é instalada nas guias dentro da carcaça da engrenagem de cremalheira e pinhão. Um magnético de alta coercividade é instalado na parte superior da cremalheira dentada. Sua luva protetiva serve como uma guia. O magnético é definido para enviar um sinal para os interruptores indutivos de limite que controlam as posições finais da cremalheira dentada com hastes de amortecedores de CPS. Interruptores indutivos de limite são instalados no exterior da carcaça da engrenagem de cremalheira e pinhão.

[021] A extremidade superior da mola de separação da cremalheira repousa contra a tampa da caixa da carcaça da engrenagem de cremalheira e pinhão, enquanto sua extremidade inferior repousa na luva do magnético.

[022] A embreagem eletromagnética é instalada no eixo interno da engrenagem de cremalheira e pinhão com sua carcaça fixada na cavidade interna da engrenagem da cremalheira e pinhão. O meio-acoplamento da engrenagem é montado no elemento de entrada da embreagem eletromagnética e rigidamente unido à luva da embreagem excedente, e o cubo da embreagem excedente é montado no eixo.

[023] O eixo do acionamento elétrico é paralelo ao eixo da cremalheira dentada.

[024] A haste absorvedora de CPS é lançada quando o trem de acionamento é aberto.

[025] A mola de separação da cremalheira dentada pode ser composta e consiste de várias partes interligadas por buchas especiais. Isto permitirá controlar o desempenho do acionamento e reduzir o custo de produção.

[026] A cavidade interna do acionamento de emergência e segurança da haste absorvedora é estanque. As conexões dos conjuntos de acionamento principal possuem vedações de um material resistente à radiação.

[027] O estator do motor montado na carcaça do acionamento elétrico é protegido contra a rotação e deslocamento axial.

[028] O motor de torque sem contato suporta um torque no eixo com os valores de velocidade e de torque exigidos.

[029] O resolvidor de sincronia sem contato serve como um sensor de posição sem contato do rotor do motor elétrico.

[030] Se o motor é desenergizado, o freio do eletromagnético impede o eixo de girar,

evitando assim o movimento da cremalheira dentada com uma haste absorvedora de CPS.

[031] O meio-acoplamento dentado é projetado para transmitir o torque do acionamento elétrico para a engrenagem de cremalheira e pinhão. O meio-acoplamento é montado sobre o componente de entrada da embreagem eletromagnética e representa uma luva da embreagem excedente.

[032] A embreagem excedente impede que a haste absorvedora de CPS salte quando ela for lançada no núcleo e elimina sua operação de elevação devido às cargas dinâmicas externas quando a embreagem eletromagnética é desenergizada.

[033] Estruturalmente, o acionamento reivindicado de uma haste absorvedora de emergência e segurança, incluindo um acionamento elétrico, uma engrenagem redutora e uma engrenagem de cremalheira e pinhão é monolítico.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[034] A Figura 1 mostra um acionamento de haste de segurança e emergência do reator nuclear numa vista geral de seção.

[035] A Figura 2 mostra um diagrama de engrenagem do acionamento de emergência e segurança da haste da Figura 1.

[036] A Figura 3 mostra a seção A-A da Figura 1.

[037] A Figura 4 mostra o detalhe B da Figura 1.

DESCRIÇÃO DETALHADA DO OBJETO

[038] O acionamento da haste de segurança e emergência de CPS é montado em cremalheira sobre a carcaça do reator nuclear. O acionamento inclui um acionamento elétrico (1) com um estator de motor (3) fixado na sua carcaça (2) e um rotor de motor (4) instalado no eixo do motor (5) por meio de dois rolamentos de rotação (6). Um rotor de resolvidor (7) é instalado no eixo do motor; seu estator (8) é fixado na carcaça (2). O resolvidor sem contato serve um sensor de posição angular do rotor do motor. Um freio eletromagnético (9) e uma engrenagem de redução (10) também são instalados sobre o eixo de acionamento elétrico.

[039] A engrenagem de cremalheira e pinhão inclui uma carcaça (11) e uma cremalheira dentada (12) instaladas ao longo do eixo da carcaça. Uma haste

absorvedora (13) é montada na extremidade da cremalheira dentada (12). Um magnético (14) é instalado na parte superior da cremalheira dentada (12), que também serve como uma guia da cremalheira dentada (12). O magnético (14) é projetado para enviar sinais para os interruptores indutivos de limite (15) instalados do lado de fora da carcaça (11). O eixo da cremalheira dentada (12) é paralelo ao eixo do acionamento

[040] Uma embreagem eletromagnética (16) é instalada no eixo (17) da engrenagem de cremalheira e pinhão, sua carcaça é protegida contra a rotação. Além disso, um meio-acoplamento da engrenagem (18), que também é uma luva da embreagem excedente (19), é montado sobre o elemento de entrada da embreagem eletromagnética. Um cubo da embreagem excedente (20) é fixado no eixo.

[041] O torque é transmitido através da engrenagem redutora (10) e os meio-acoplamentos da embreagem (16) para o pinhão da cremalheira (21).

[042] Uma mola de separação da cremalheira (22) é instalada na parte superior da cremalheira dentada (12) com uma haste absorvedora de CPS (13). A extremidade superior da mola (22) repousa contra a tampa da engrenagem de cremalheira e pinhão, e a extremidade inferior repousa contra a luva do magnético (14). A mola de separação da cremalheira (22) consiste de várias molas divididas por buchas especiais (23). Um amortecedor de choque (24) é instalado na carcaça de engrenagem de cremalheira e pinhão (11).

[043] O dispositivo opera da seguinte maneira.

[044] Quando um sinal de aviso de proteção e emergência é gerado, a haste absorvedora de CPS (13) é inserida no núcleo e o acionamento elétrico é alternado para baixar a operação. Quando o eixo gira para baixar a operação, o torque é transmitido através da engrenagem redutora (10) e dos meio-acoplamentos da embreagem eletromagnética (16) para a cremalheira pinhão (21) para converter o movimento rotativo em linear. Quando a haste absorvedora (13) atinge o interruptor de limite inferior (15), o acionamento elétrico é desligado. A embreagem do freio é desenergizada e o acionamento do motor é desacelerado para impedir o movimento ascendente da cremalheira dentada (12) com a haste absorvedora de CPS (13).

[045] De acordo com um sinal de alarme de proteção e emergência, a embreagem

eletromagnética (16) é desenergizada, a parte móvel da embreagem eletromagnética é aberta pela mola de membrana instalada na carcaça da embreagem eletromagnética, o trem de acionamento entre o eixo da engrenagem de cremalheira e pinhão (17) e o eixo de acionamento elétrico (5) é aberto. Como resultado da abertura interligada, a cremalheira dentada (12) com a haste absorvedora de CPS (13) é lançada no núcleo do reator por gravidade e pela mola de separação (22). A mola é liberada ao longo do comprimento total da inserção da haste absorvedora, minimizando seu tempo de inserção, e a embreagem excedente (19) evita o impacto do salto da haste absorvedora (13).

[046] A engrenagem do acionamento permite lançar a haste absorvedora de qualquer posição intermediária.

[047] Quando a haste absorvedora de CPS (13) é carregada (no caso de desligamento durante apagão) de acordo com um sinal para a operação de levantamento da posição inferior enviado para o interruptor indutivo do limite superior (15), o processo é o seguinte. Tensão é aplicada nos interruptores indutivos de limite (15) e na embreagem eletromagnética (16). O movimento de transmissão do trem de acionamento para o pinhão da cremalheira (21) do motor através da engrenagem de redução (10) é fechado. O acionamento elétrico é alternado para operação de levantamento. A embreagem excedente se torna inativa quando a rotação do seu cubo (20) e luva (19) é sincronizada. A cremalheira dentada (12) com a haste absorvedora de CPS (13) move-se para cima até o interruptor de limite superior. Em seguida, o acionamento elétrico é desligado. Além disso, a embreagem do freio (9) também é desenergizada, o eixo do acionamento elétrico (5) é desacelerado e o escorregamento da haste absorvedora de CPS (13) é excluído.

[048] Quando da elevação da haste absorvedora de CPS (13) inserida sem interrupção do fornecimento de energia, a embreagem eletromagnética (16) deve ser atuada. O movimento da haste absorvedora de CPS (13) é similar ao modo descrito acima.

[049] O projeto reivindicado do acionamento da haste de segurança e emergência de CPS torna possível melhorar a confiabilidade de projeto, reduzir o tempo de inserção de reatividade negativa em caso de emergência, assim melhorando substancialmente a

segurança e a confiabilidade da planta do reator como um todo.

REIVINDICAÇÕES

1. **“ACIONAMENTO DE UMA HASTE DE SEGURANÇA E EMERGÊNCIA DE UM REATOR NUCLEAR”** incluindo um acionamento elétrico (1), uma engrenagem de redução (10) e uma engrenagem de cremalheira e pinhão (11), caracterizado pelo fato de o acionamento elétrico (1) conter um motor elétrico (5) que é instalado na carcaça do acionamento elétrico (1) com um sensor de posição do rotor do motor e uma engrenagem de redução (10) para alterar a taxa de rotação do acionamento elétrico (1) para a velocidade exigida e o desempenho de energia do acionamento elétrico;

uma cremalheira dentada (12) ser instalada ao longo do eixo da engrenagem de cremalheira e pinhão (11) a fim de fornecer o movimento alternado de um sistema de uma haste absorvedora (13) de controle e proteção do sistema conectada à mesma;

uma embreagem eletromagnética dentada (16) contendo uma fonte de corrente sem contato instalada sobre um eixo interno da engrenagem de cremalheira e pinhão (11), permitindo o acoplamento mecânico e simultâneo de meio-acoplamentos (16);

o acionamento conter um acoplamento de movimento reverso que é interligado com o pinhão da cremalheira (21), uma mola de separação de cremalheira (22) e sensores de posição da cremalheira dentada (12) e

em que um freio eletromagnético (9) normalmente fechado ser instalado sobre o eixo de acionamento elétrico (1).

2. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser usado um motor elétrico (1) sem contato com base em magnéticos permanentes.

3. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo sensor de posição do rotor do motor não possuir contato.

4. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo resolvidor (7) de sincronia sem contato ser usado como um sensor de posição do rotor do motor.

5. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por um magnético (14) ser instalado na parte superior da cremalheira dentada (12).

6. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo eixo de acionamento elétrico (1) ser paralelo ao eixo da cremalheira dentada (12).

7. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela cavidade interna do acionamento de emergência e segurança ser estanque.
8. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo acionamento elétrico é um motor elétrico sem escova
9. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por uma mola de separação da cremalheira (22) ser instalada acima da cremalheira dentada (12).
10. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela mola de separação da cremalheira (22) poder ser composta.
11. **“ACIONAMENTO”** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelos sensores indutivos (sem contato) poderem ser usados como sensores de posição da cremalheira dentada (12).

.

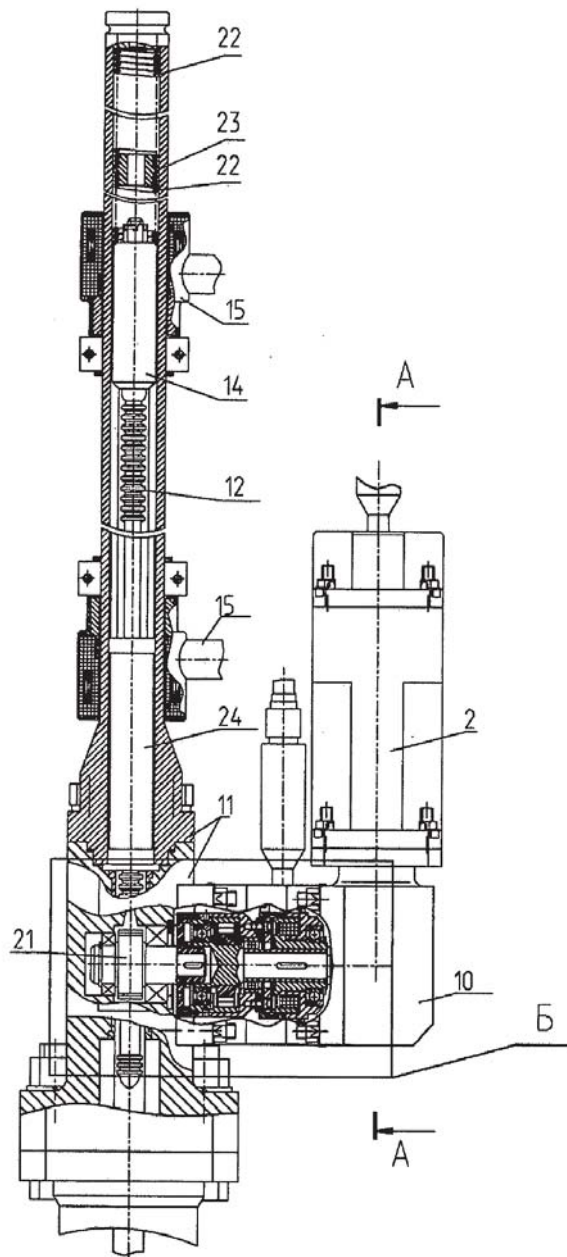


FIG. 1

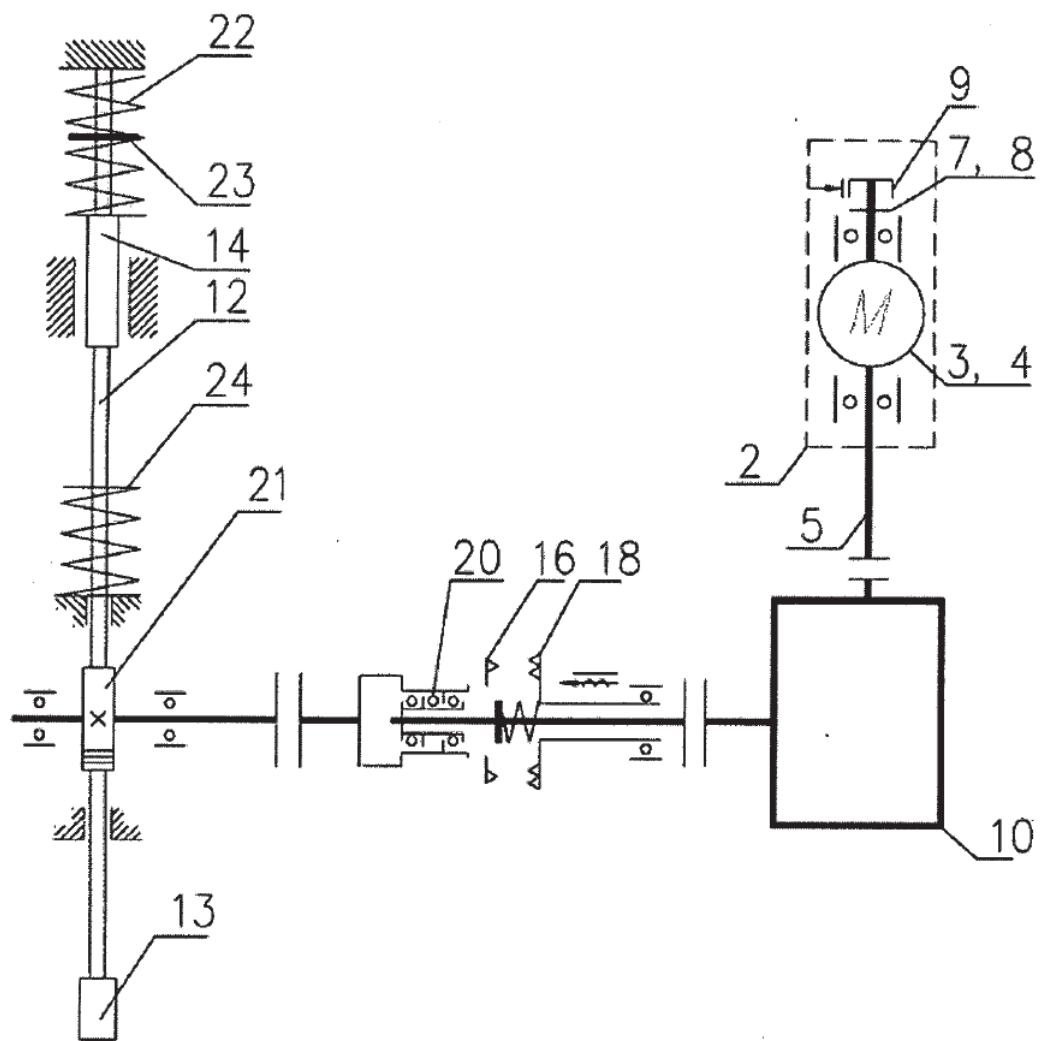


FIG. 2

A-A

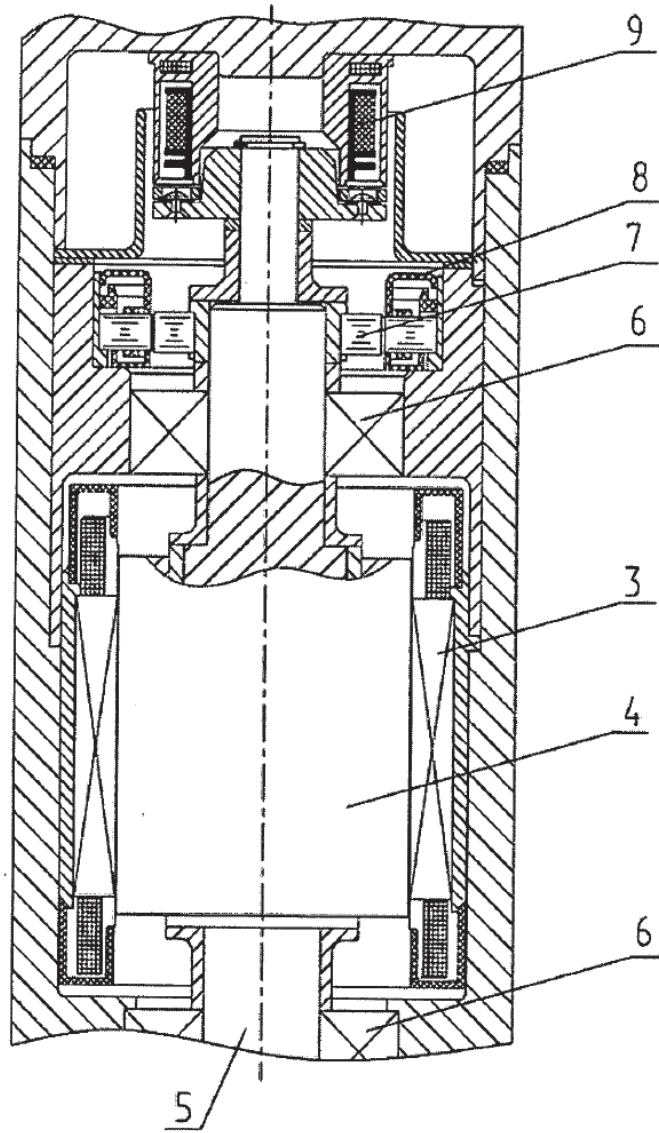


FIG. 3

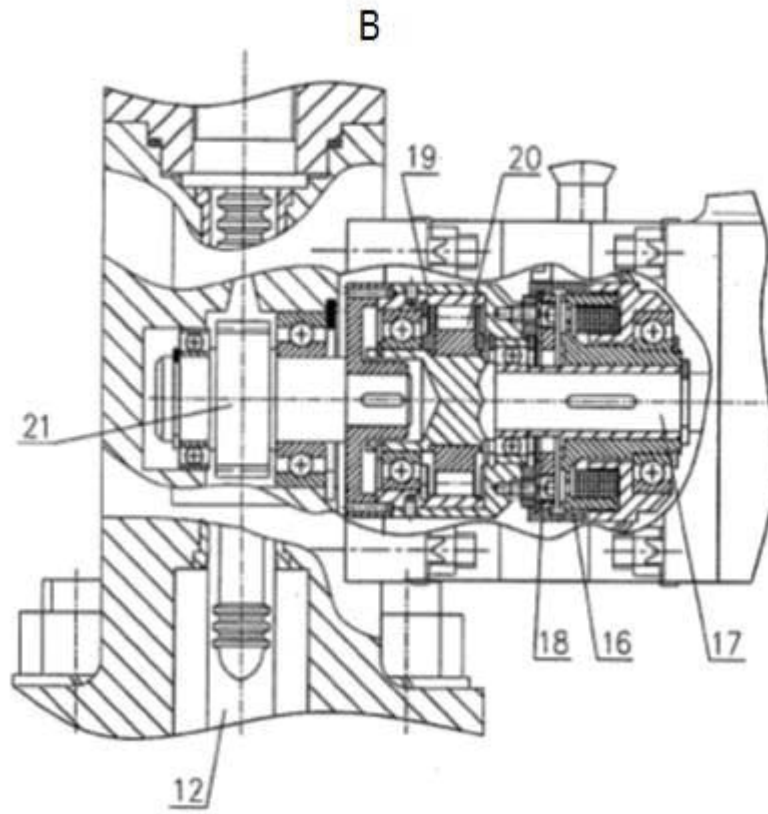


FIG. 4