



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

(21) **PI0803417-6 A2**



* B R P I O 8 0 3 4 1 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 18/08/2008
(43) Data da Publicação: 15/06/2010
(RPI 2058)

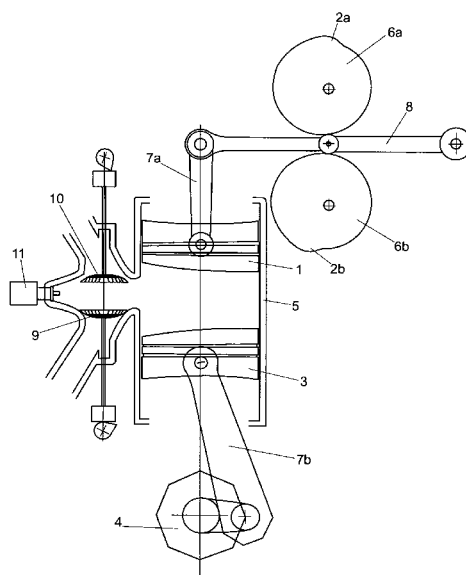
(51) *Int.Cl.:*
F02B 75/28

(54) Título: **MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA COM CONTRA-PISTÃO, OPERANDO EM UM CICLO DE TRABALHO EXCLUSIVAMENTE POSITIVO**

(73) Titular(es): Fábio Gadioli

(72) Inventor(es): Fábio Gadioli

(57) Resumo: A presente invenção se refere a um motor com contra-pistão (1), que em sua modalidade preferida, apresenta dois pistões (1,3) contrapostos trabalhando no mesmo cilindro (5). O pistão principal (3) é acionado por uma árvore de manivelas (4) convencional e o outro, um contra-pistão (1), instalado no mesmo cilindro (5) e em posição contrária ao pistão principal (3), é acionado por cames (6a) e (6b) para comandar seu movimento alternativo, sendo que o dito came (6a) é dotado de um perfil que é invertido em relação ao perfil do dito came (6b), em que o came superior (6a) é responsável pela descida e o came inferior (6b) é responsável pela subida do contra-pistão (1), o qual garante a precisão do movimento de subida e de descida do dito contra-pistão (1).





PI0803417-6

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: **"MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA COM CONTRA-PISTÃO, OPERANDO EM UM CICLO DE TRABALHO EXCLUSIVAMENTE POSITIVO"**.

Campo da Invenção

- 5 A presente invenção se refere a um motor compreendido por um contra-pistão para a geração de potência através da combustão de fluidos combustíveis, para uso em usinas termoelétricas, navios, caminhões, ônibus, automóveis, moto-bombas, geradores, máquinas agrícolas, entre outros.
- 10 Particularmente, esse motor compreende um segundo pistão dentro do mesmo cilindro, responsável pela obtenção de uma taxa de compressão ideal que será alcançada em um momento posterior ao momento da taxa de compressão alcançada em um motor cuja técnica já é conhecida.
- 15 Desta forma, a queima de combustível no interior do cilindro, entre os dois pistões, se inicia também em um momento posterior e o impulso produzido pela dita queima é conseqüentemente retardado. Logo, quando o impulso ao conjunto é promovido pela dita queima, a posição angular da
- 20 árvore de manivelas se encontra em uma posição que propicia um braço maior de alavanca da biela sobre o eixo de rotação da árvore de manivelas, proporcionando um torque maior ao conjunto. Para que o dito conjunto funcione de modo a alcançar o resultado supracitado, torna-se necessário a

utilização de um sistema de came que possuem perfis invertidos, em que um é responsável pelo movimento de subida, e o outro é responsável pelo movimento de descida do referido contra-pistão, controlando dessa forma a
5 velocidade e o movimento alternativo do mesmo.

Pelo fato de retardar a compressão e a queima do combustível e, ainda, conseguir uma combustão com taxa de compressão ideal, o motor perde menos energia para realizar trabalho e gera menos gases poluentes, proporcionando,
10 assim, um rendimento maior.

Antecedentes da Invenção

Os motores a combustão interna, basicamente, são divididos em turbinas, motores com massas rotativas como o motor do tipo "Wankel", que apresenta baixo uso comercial
15 por causa do excessivo desgaste de seus componentes, alto consumo de combustível e maior emissão de monóxido de carbono e, por fim, os motores com massas alternativas, como os motores com pistão.

A presente invenção tratará de motores com massas
20 alternativas por utilizar um motor com pistão.

Os motores com massas alternativas trabalham com pelo menos um pistão inserido em um cilindro, conectado a uma árvore de manivelas através de uma biela e, na parte oposta ao conjunto biela/árvore de manivelas encontra-se o

cabeçote. O pistão oscila, em seu movimento alternativo, entre seu ponto mais próximo ao cabeçote, denominado ponto morto superior (PMS), e o ponto mais distante do cabeçote, denominado ponto morto inferior (PMI).

5 Também são conhecidos os motores com dois pistões opostos no mesmo cilindro e cada pistão conectado a uma árvore de manivelas, como os motores *Napier Deltic*, *Fairbanks-Morse*, *Junkers Jumo*, que não possuem cabeçote.

Independentemente do combustível a ser utilizado em um
10 motor a combustão interna com pistão, ou se operar em um ciclo de dois ou quatro tempos, o princípio de funcionamento desse tipo de motor é basicamente o mesmo. Ou seja, é liberada uma grande quantidade de energia na câmara de combustão, através da queima do combustível e, com isso,
15 haverá uma rápida expansão dos gases contidos na mesma, de forma que o aumento de pressão dentro da câmara empurrará o pistão para baixo até o PMI, transmitindo o movimento linear do pistão, através da biela, para a árvore de manivelas, transformando o movimento linear em movimento
20 rotativo e gerando potência disponível na árvore de manivelas para ser utilizada.

Conforme conhecido no estado da técnica para um motor operando a quatro tempos no ciclo Diesel torna-se necessário possuir um comburente, que é o ar atmosférico, e

este deve ser comprimido na câmara de combustão até que atinja uma temperatura suficiente para permitir a auto-ignição do combustível, normalmente óleo diesel ou biodiesel. O pistão admite o ar da atmosfera enquanto desce (tempo de admissão) e comprime o ar enquanto sobe (tempo de compressão). Quando o pistão está subindo e próximo de atingir seu PMS, dá início a injeção do combustível. Em geral, muitos motores iniciam esta injeção próxima de 20° antes do ponto morto superior (APMS). Neste momento cada partícula do combustível entrará em contato com uma partícula de ar que está aquecida pela compressão e a queima se inicia. Enquanto o pistão continua subindo até o PMS, a injeção de combustível também continua e a queima vai ficando mais intensa. Cada partícula que se queima aumenta ainda mais a pressão dentro da câmara de combustão.

É importante ressaltar que a pressão aumenta por dois motivos: a) pela diminuição do volume, pois o pistão ainda está subindo, portanto comprimindo ainda mais o ar admitido, e b) pela queima do combustível com o ar comprimido que gera uma expansão dos gases pelo rápido aumento da temperatura.

No entanto, todo esse aumento de pressão APMS é desperdiçado, gerando esforços no sentido contrário ao necessário, pois ao invés dessas forças contribuírem para

empurrar o pistão e gerar energia na árvore de manivelas, as ditas forças empurram o pistão para baixo enquanto ele ainda se encontra em movimento de subida em seu tempo de compressão, impedindo ou dificultando, assim, a subida do mesmo e gerando trabalho negativo. Como depois do ponto morto superior (DPMS) a pressão ainda continua aumentando demasiadamente, o resultado de energia continua sempre positivo, mas toda a energia gerada APMS será desperdiçada.

O mesmo raciocínio se aplica aos motores que operam no ciclo Otto e utilizam gasolina, álcool ou gás como combustível. A diferença está que, neste ciclo, o ar já é admitido com o combustível e o início da combustão é incentivado por uma vela de ignição que emite uma faísca para iniciar a queima. Porém, o momento do início da queima também ocorre antes do ponto morto superior, ou seja, APMS.

De forma semelhante nos motores de dois ou quatro tempos, o início da queima sempre é APMS. Da mesma forma, os motores com dois pistões opostos no mesmo cilindro, onde cada pistão é conectado a uma árvore de manivelas também possui a mesma desvantagem e não consegue aproveitar toda energia gerada na queima do combustível, pois pelo menos um dos dois pistões terá que iniciar a combustão APMS.

Toda pressão gerada APMS, além de não produzir trabalho útil, ainda produz efeito contrário, empurrando o

pistão para baixo, dificultando o movimento da árvore de manivelas, desperdiçando energia e gerando maior quantidade de gases poluentes.

De forma a solucionar o problema enfrentado pelo estado da técnica, o documento JP 2006177333, de Masayuki Ando, publicado em 06 de julho de 2006, refere-se a um motor de quatro tempos com dois pistões. Este motor possui as duas válvulas (escape e admissão) instaladas no meio do cilindro de modo que, quando ocorre a abertura das referidas válvulas, as mesmas penetram no volume interno do cilindro, impedindo o curso do pistão neste instante.

Outro ponto a ser analisado é que no uso de um simples came de perfil circular excêntrico, conforme disposto no referido documento Japonês, não é possível atingir a taxa de compressão ideal para iniciar a combustão DPMS pois o pistão inferior desce com velocidade maior que a imprimida pelo came excêntrico ao pistão superior, fazendo o pistão inferior se afastar do pistão superior, diminuindo a taxa de compressão após o PMS e diminuindo assim o rendimento da combustão. Para que isso não aconteça, é necessário o uso de um came de perfil variado e não um excêntrico como observado no documento Japonês, além de não ser possível o funcionamento do motor com as válvulas invadindo o espaço interno do cilindro.

O documento EP 1437482A1, de Domenico Capossela et al, publicado em 14 de julho de 2004, refere-se a uma alternativa para motor com pistões opostos, onde os pistões se movem linearmente, sincronizados dentro de um mesmo cilindro interno. Este cilindro possui um movimento de rotação, e é equipado com orifícios ao longo de sua superfície, além de um cilindro externo também provido de orifícios que permitem a admissão de combustível e escapamento dos produtos de combustão. O motor descrito nesta patente tem como principal característica o movimento rotatório do cilindro do motor, com o propósito de eliminar as válvulas e responsável pela abertura dos controles para admissão e ignição do combustível, bem como a exaustão dos gases, fato que em nada contribui para gerar trabalho em um ciclo exclusivamente positivo. Desta forma, o mesmo não resulta em um motor com a mesma eficiência e os propósitos da invenção que por ora é reivindicada.

Sumário da Invenção

A presente invenção supera os inconvenientes gerados pelos motores tradicionais, na medida em que provê um motor mais eficiente, onde a combustão tem seu início a vários graus DPMS, de modo que toda a pressão gerada pela combustão contribua para o movimento da árvore de manivelas na geração de trabalho útil, eliminando, assim, o trabalho

negativo. Além disso, devido ao ângulo formado pela força aplicada pela biela sobre a árvore, o torque é muito maior do que o gerado nos motores do estado da técnica, gerando, assim, mais potência efetiva no dito motor.

5 A presente invenção tem como seu objetivo a obtenção de um motor que opera em um ciclo de trabalho exclusivamente positivo, o qual compreende um motor com uma taxa de compressão ideal com menor perda de pressão, para que, desta forma, resulte em uma eficiência térmica e
10 volumétrica maior, pois há menos perdas de pressão por vazamentos entre pistão, anéis e cilindro, o qual é obtido pelos dois came que possuem perfis invertidos, em que um é responsável pelo movimento de subida, e o outro é responsável pelo movimento de descida do referido contra-
15 pistão.

A presente invenção compreende um motor com contra-pistão, em que dois pistões são contrapostos, trabalhando em um mesmo cilindro, sendo o contra-pistão acionado pelos ditos dois came, os quais possibilitam, desta forma, o
20 início da combustão com uma taxa de compressão ideal quando o pistão principal já está DPMS e, por conseguinte, obter máxima pressão de combustão após vários graus DPMS.

Um outro objetivo da presente invenção é aumentar o volume aspirado na câmara de combustão devido ao fato do

came inferior apresentar um perfil de raio crescente durante o tempo de admissão.

Dessa forma a presente invenção provê um motor que funcione tanto em um ciclo de combustão de dois tempos quanto em ciclo de quatro tempos.

Breve Descrição dos Desenhos

As modalidades preferidas de realização da presente invenção serão descritas a seguir com referência aos desenhos anexos, em que:

10 A figura 1 é uma vista lateral do motor com contrapistão.

A figura 2 é um gráfico comparativo da pressão na câmara de combustão em função do ângulo da árvore de manivelas, no tempo de compressão e expansão, do ciclo motor, entre um motor convencional e o motor com contrapistão.

A figura 3 é uma vista lateral do motor com contrapistão no momento de admissão.

20 A figura 4 é uma vista lateral do motor com contrapistão no momento de compressão.

A figura 5 é uma vista lateral do motor com contrapistão no momento de explosão.

A figura 6 é uma vista lateral do motor com contra-pistão no momento de escape dos gases após a explosão.

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção se refere a um motor com contra-
5 pistão (1), que em sua modalidade preferida, apresenta
basicamente, dois pistões (1,3) posicionados de maneira
contraposta entre si e trabalhando no mesmo cilindro (5),
uma válvula de escape (9), uma válvula de admissão (10) e
um componente de ignição (11), que pode ser uma vela nos
10 motores de ciclo Otto ou um bico injetor nos motores de
ciclo Diesel. O pistão principal (3) é acionado por uma
árvore de manivelas (4) convencional, sendo o contra-pistão
(1) disposto no mesmo cilindro (5) e em posição contrária
ao pistão principal (3), sendo o dito contra-pistão (1)
15 acionado por cames (6a) e (6b), de forma a comandar seu
movimento alternativo. Os ditos cames (6a) e (6b) são
acionados por um sistema de transmissão convencional, tal
como, por exemplo, uma correia dentada, correntes ou
engrenagens, que são acoplados à árvore de manivelas (4).

20 De acordo com a figura 1, a invenção em sua modalidade
preferencial, apresenta o pistão principal (3) vertical,
com a cabeça para cima, conectável a uma biela (7b), que
por sua vez, está conectável a uma árvore de manivelas (4)

posicionada abaixo do dito pistão (3). Dentro do mesmo cilindro (5), que se prolonga para cima além do PMS do pistão principal (3), está disposto um contra-pistão (1), com sua cabeça virada para baixo, contra a cabeça do pistão principal (3). Esse contra-pistão (1) é conectável a uma biela (7a) que, por sua vez, está conectável a um braço de alavanca (8), sendo articulável na sua extremidade oposta. Em uma localização do dito braço (8), são previstos dois comes (6a) e (6b), posicionados um acima (6a) e outro abaixo (6b) do dito braço de alavanca (8), com perfis invertidos, de forma que o perfil de um dos ditos comes (6b) comanda o braço de alavanca (8) no sentido para cima e o outro dito came (6a) comanda o braço de alavanca (8) no sentido contrário, não havendo folgas significativas entre os comes (6a) e (6b) e o braço de alavanca (8). Conectável ao braço de alavanca (8), na extremidade oposta à sua articulação, é previsto uma biela (7a) conectável ao contra-pistão (1), portanto, este conjunto de dois comes (6a) e (6b) aciona o contra-pistão (1) para cima e para baixo através da dita biela (7a). Na etapa de admissão, o came inferior (6b) tem um perfil de raio crescente, ou seja, a distância do centro de giro do came até o ponto de contato com o braço de alavanca (8) é aumentada, de forma a imprimir ao contra-pistão (1) um movimento de subida,

resultando em um aumento do volume aspirado. Após o término do tempo de admissão, inicia-se o tempo de compressão, onde o perfil dos dois came (6a e 6b) tem raio constante, mantendo o contra-pistão (1) parado no seu ponto mais alto até quando o pistão (3) atingir seu ponto mais alto, ou seja, o PMS, ou muito próximo dele. O perfil dos comes (6a) e (6b) é provido de forma que o corpo do dito came (6a) empurre o contra-pistão (1) para baixo no momento em que o pistão principal (3) está DPMS, na etapa de descida do pistão (3) após o tempo de admissão, até atingir o ponto ideal de parada do contra-pistão (PIPCP). Nesse momento, é atingida a taxa de compressão ideal e como o pistão (3) já está DPMS, o conjunto está na posição ideal para a combustão.

Buscando uma maior eficiência, durante a descida do pistão principal (3), o contra-pistão (1) desce com uma velocidade maior do que a do pistão principal (3), até chegar ao PIPCP, diminuindo, assim, a distância relativa entre ambos. Desta forma, haverá menos perdas de pressão por vazamentos entre anéis, pistão (3) e cilindro (5), visto que a maior pressão de compressão só é atingida no momento inicial da combustão. A descida do contra-pistão (1) é controlada pelos comes (6a) e (6b) e se dá até o PIPCP. Este é o ponto em que a taxa de compressão é ideal,

e neste momento se inicia o aumento da pressão de combustão deflagrada, por um componente de ignição (11), seja por uma vela de ignição, no caso de motores do ciclo Otto ou pela injeção de combustível por um bico injetor, se for o ciclo Diesel. Essa invenção pode ser concretizada em motores de dois ou quatro tempos.

Para que sejam obtidos os resultados técnicos comentados, em relação ao funcionamento do conjunto e o preciso movimento alternativo do contra-pistão (1), um sistema de cames (6a) e (6b) de perfis variados deve ser utilizado para movimentar o contra-pistão (1). O pistão principal (3) tem seu movimento alternativo comandado e regido pelo sistema biela (7b) e árvore de manivela (4), sendo seu limite de curso inferior disposto no PMI, posição de alinhamento da biela (7b) com o braço da árvore de manivelas (4) quando a dita biela (7b) está disposta em seu ponto mais baixo. Quanto ao limite de curso superior no PMS, a árvore de manivelas irá alcançá-lo quando a dita árvore de manivelas girar 180° em relação ao PMI.

A velocidade do pistão (3) é zero no PMS e no PMI, aumentando não linearmente, em função da rotação, do ângulo da biela (7b), do comprimento da biela e da distância entre a biela (7b) e do eixo de rotação da árvore de manivelas (4).

A utilização de dois came (6a) e (6b) com perfis variados para o controle do acionamento do contra-pistão (1) garante a precisão do movimento de subida e de descida do dito contra-pistão (1), sendo que o dito came (6a) é dotado de um perfil que é invertido em relação ao perfil do dito came (6b), em que o came superior (6a) é responsável pela descida e o came inferior (6b) é responsável pela subida do contra-pistão (1).

Conforme pode ser observado o gráfico, da figura 2, demonstra a pressão na câmara de combustão em função do ângulo da árvore de manivelas (4), no tempo de compressão e expansão, que apresenta curvas comparativas entre um motor convencional (c) e o motor com contra-pistão (cp), durante o ciclo do motor. No caso da curva do motor convencional (c), o início da combustão (i) se dá APMS, gerando trabalho negativo. Já no caso da curva do motor com contra-pistão (cp), o início da combustão (i) se dá DPMS, o que significa que o motor opera em um ciclo de trabalho exclusivamente positivo.

De forma a obter um maior rendimento volumétrico, durante o tempo de admissão, conforme observado na figura 3, o came inferior (6b) tem um perfil de raio crescente, o qual é conferido em função da variação da distância entre o eixo de rotação do dito came (6b) e a periferia do perfil

de cada came (6a) e (6b), de maneira a prover um ressalto (2a) e (2b), para que desta forma o ponto de contato do braço de alavanca (8) com a periferia do perfil do came (6b) realize o movimento de subida do contra-pistão (1), aumentando assim, o volume aspirado. Após o término do tempo de admissão, inicia-se o tempo de compressão, representado na figura 4, onde os perfis dos dois comes (6a e 6b) possuem raios constantes, mantendo o contra-pistão (1) parado no seu ponto mais alto até o final da compressão, ou muito perto do final da compressão. Neste ponto o perfil do came superior (6a) passa a comandar o contra-pistão (1) fazendo-o descer até o ponto inferior de parada do contra-pistão (1) PIPCP, posição abaixo do PMS, portanto com o pistão (3) em movimento de descida, DPMS, e posição ideal para ocorrer a combustão sem que seja gerado o trabalho negativo existente nos motores convencionais. Neste trecho entre o ponto mais alto do contra-pistão (1) e o PIPCP o came (6a) tem perfil variado para aumentar a velocidade de descida do contra-pistão (1) até o PIPCP, sem tocar o pistão (3) e atingindo o PIPCP com a taxa de compressão ideal dimensionada para esse motor, onde terá início a combustão.

A figura 5 apresenta a configuração do motor, durante a combustão, o contra-pistão (1) permanece parado nesta

posição PIPCP até o pistão (3) atingir o PMI ou muito perto dele, onde o tempo de expansão está terminado e a válvula de escape (9) já está sendo aberta. No tempo de exaustão, entre o PMI e o PMS o came inferior (6b) é o responsável em comandar a subida do contra-pistão (1) para que quando o pistão (3) atinja o PMS o contra-pistão (1) esteja muito próximo dele, sem permitir que se toquem, mas com a menor folga possível, para que desta forma permita a melhor exaustão dos gases, de acordo com a figura 6. Como esta folga pode ser menor que a folga entre cabeçote fixo e pistão dos motores convencionais, pois no motor convencional esta folga é a responsável pela obtenção da taxa de compressão, então conseguimos também uma melhor exaustão dos gases de escape, propiciando melhor lavagem que conseqüentemente irá melhorar o desempenho do motor.

Por ter sido descrito um exemplo de concretização preferido, deve ser compreendido que o escopo da presente invenção abrange outras variações, sendo limitado tão somente pelo teor de suas reivindicações, incluindo as possíveis formas de realização equivalentes, que se fundamentam neste relatório.

REIVINDICAÇÕES

1) Motor com contra-pistão (1) operando em um ciclo de trabalho exclusivamente positivo, que compreende: uma válvula de admissão (10), uma válvula de escape (9), um
5 componente de ignição (11), um pistão principal (3) e um contra-pistão (1), ambos contrapostos dentro do mesmo cilindro (5), sendo o dito pistão principal (3) conectável a uma biela (7b) e acionável por uma árvore de manivela (4), em que o contra-pistão (1) está conectável
10 a uma biela (7a), **caracterizado** pelo fato de que a dita biela (7a) está conectável a um braço de alavanca (8), que por sua vez está disposto entre dois comes (6a) e (6b), sendo que o dito come (6a), posicionado acima do dito braço (8) é dotado de um perfil que é invertido em
15 relação ao perfil do dito come (6b), posicionado abaixo do dito braço (8) e cada perfil, dos respectivos comes (6a) e (6b), possuem em seu corpo variações de distância entre o eixo de rotação e a periferia do próprio perfil, de maneira a formar ressaltos (2a) e (2b) na periferia do
20 perfil de cada dito come (6a) e (6b).

2) Motor com contra-pistão (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que no tempo de admissão o come inferior (6b) apresenta um perfil que

comanda o contra-pistão (1) para cima, de forma a aumentar o volume aspirado na câmara de combustão.

3) Motor com contra-pistão (1), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o dito motor opera em um ciclo de trabalho exclusivamente positivo.

4) Motor com contra-pistão (1), de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3 **caracterizado** pelo fato de que o início da combustão no interior do cilindro (5) ocorre somente quando o pistão principal (3) está DPMS.

5) Motor com contra-pistão (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações, **caracterizado** pelo fato de o dito motor obter uma pressão máxima de combustão, vários graus DPMS.

6) Motor com contra-pistão (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações, **caracterizado** pelo fato da dita invenção ser utilizável em motor operando no ciclo de dois tempos quanto em motor operando no ciclo de quatro tempos.

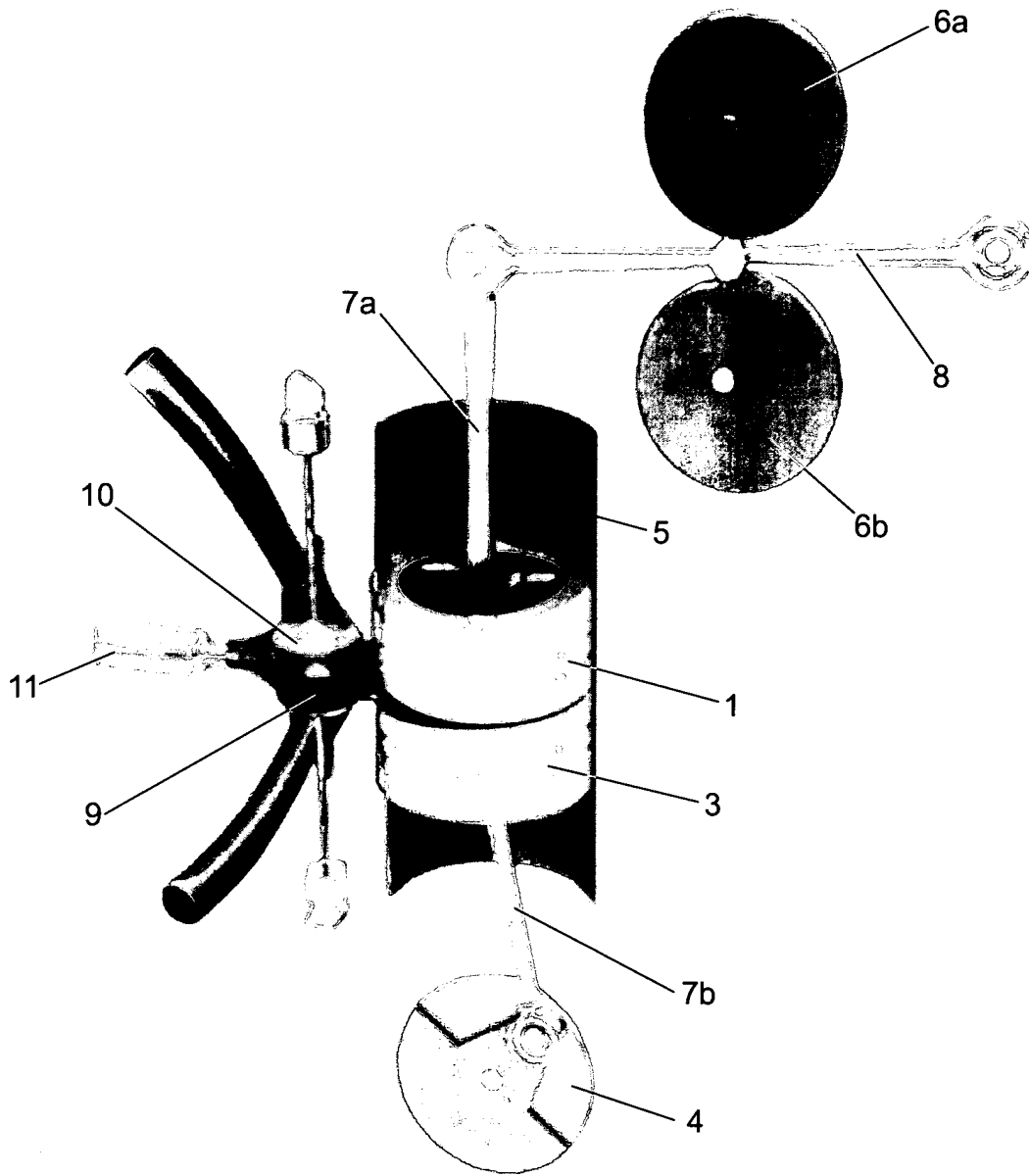


FIGURA 1

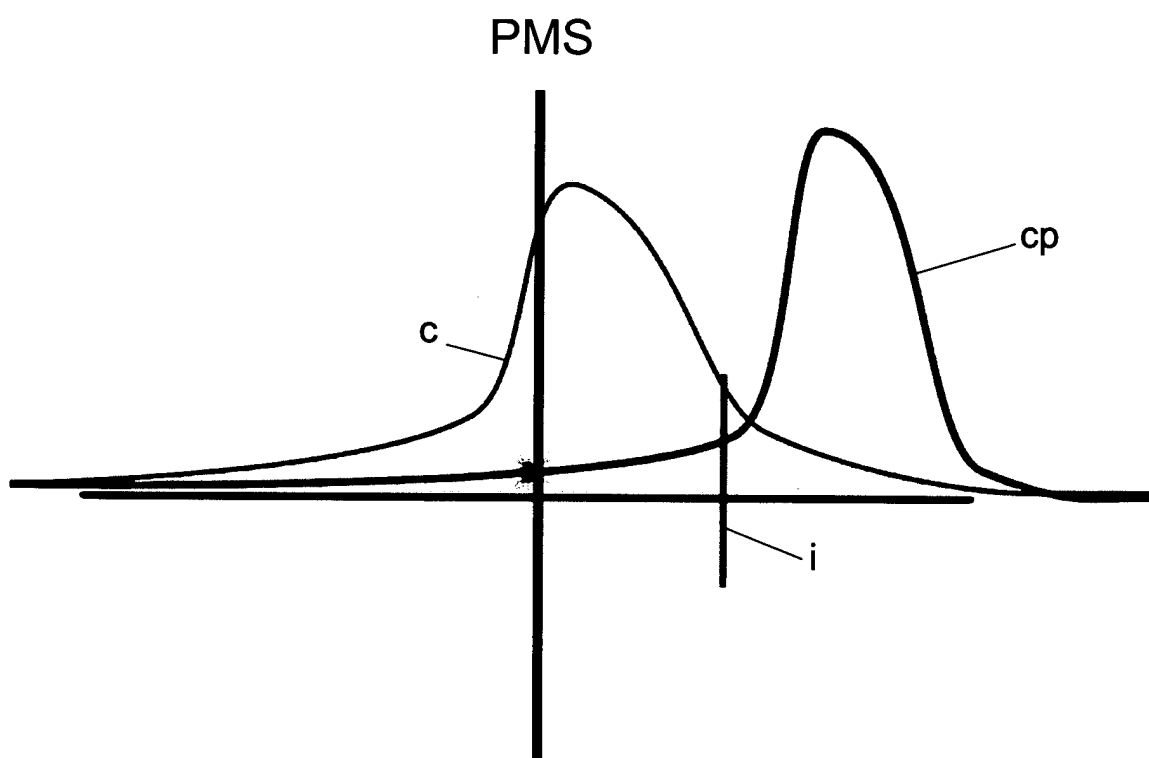


FIGURA 2

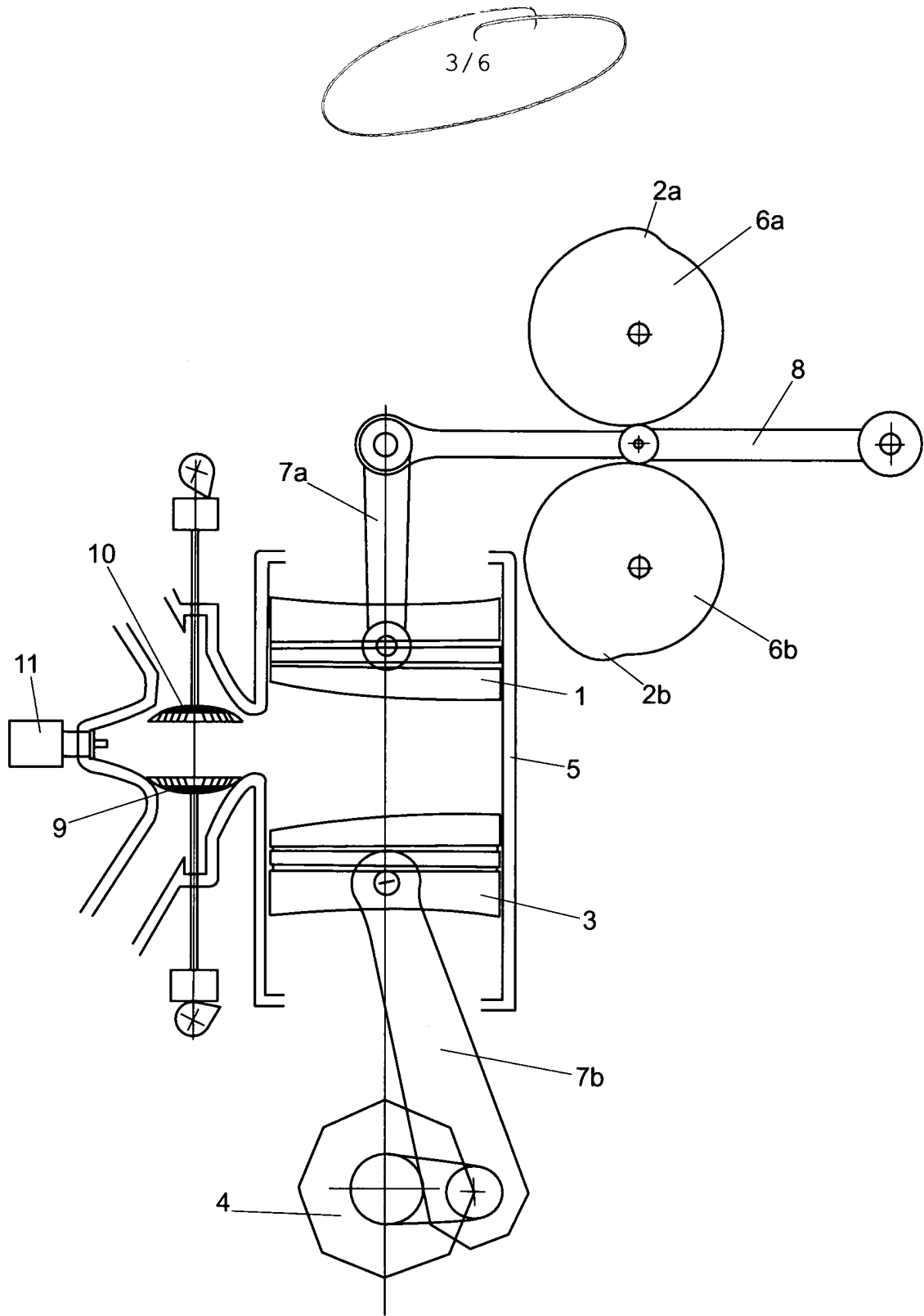


FIGURA 3

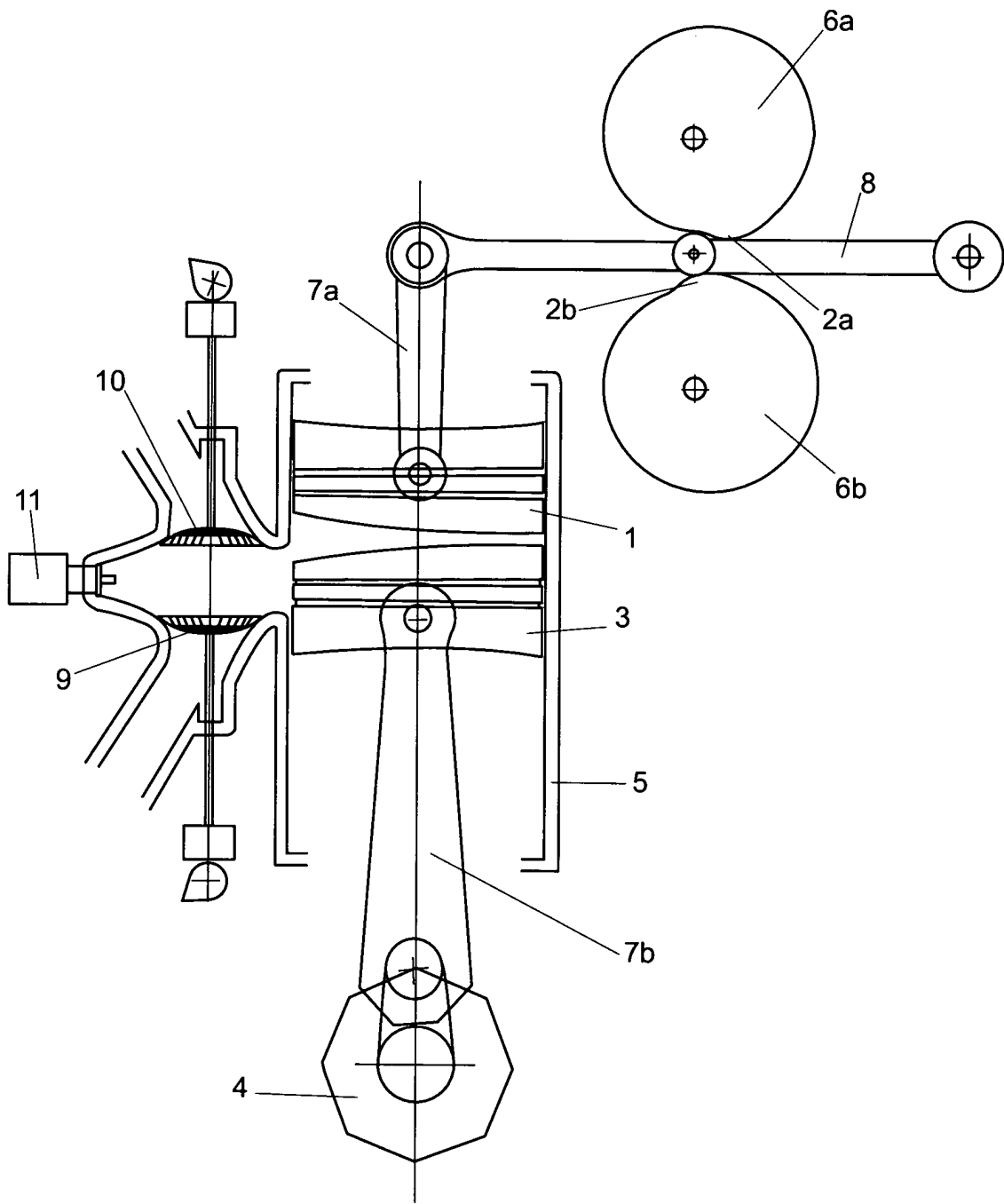


FIGURA 4

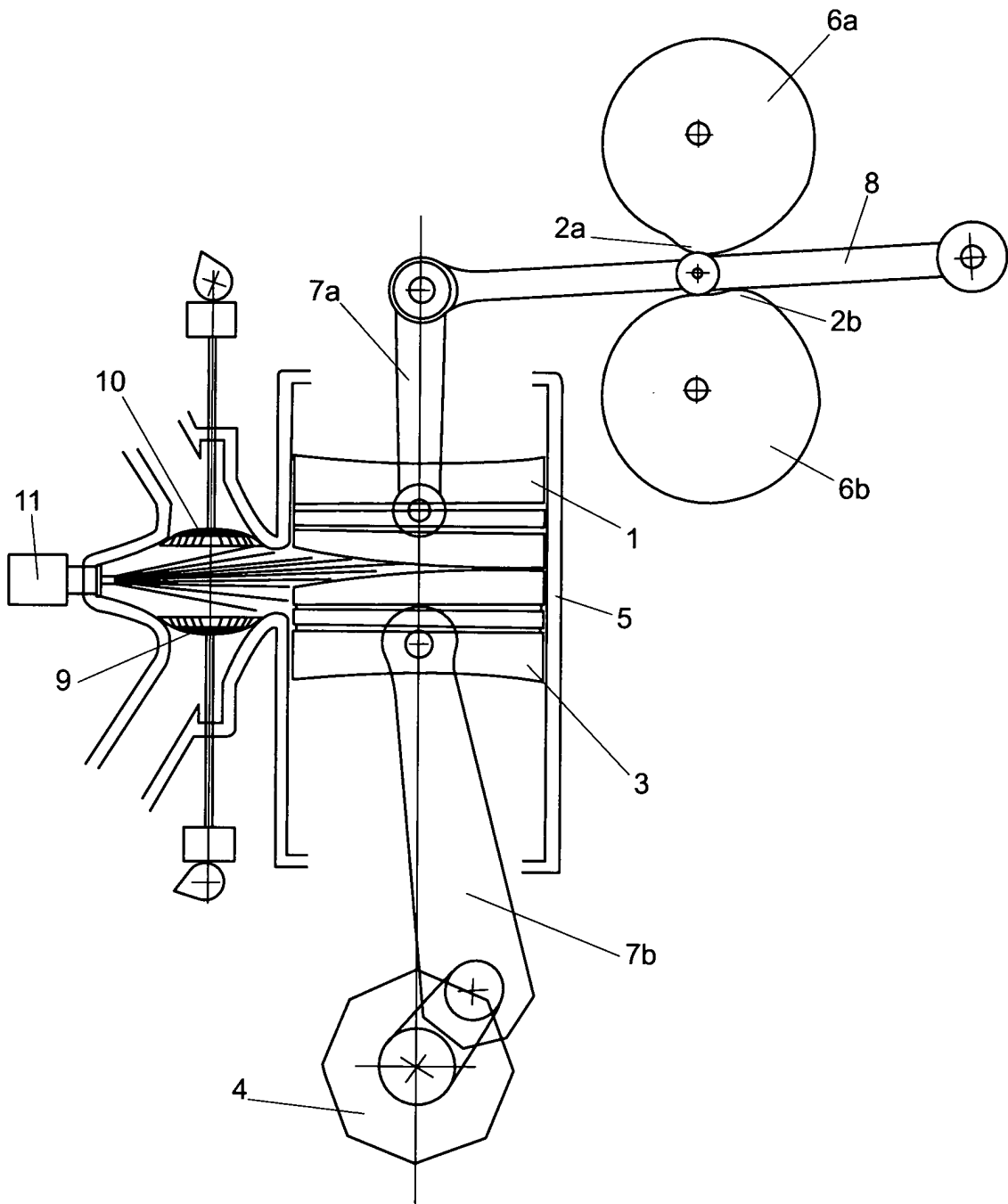


FIGURA 5

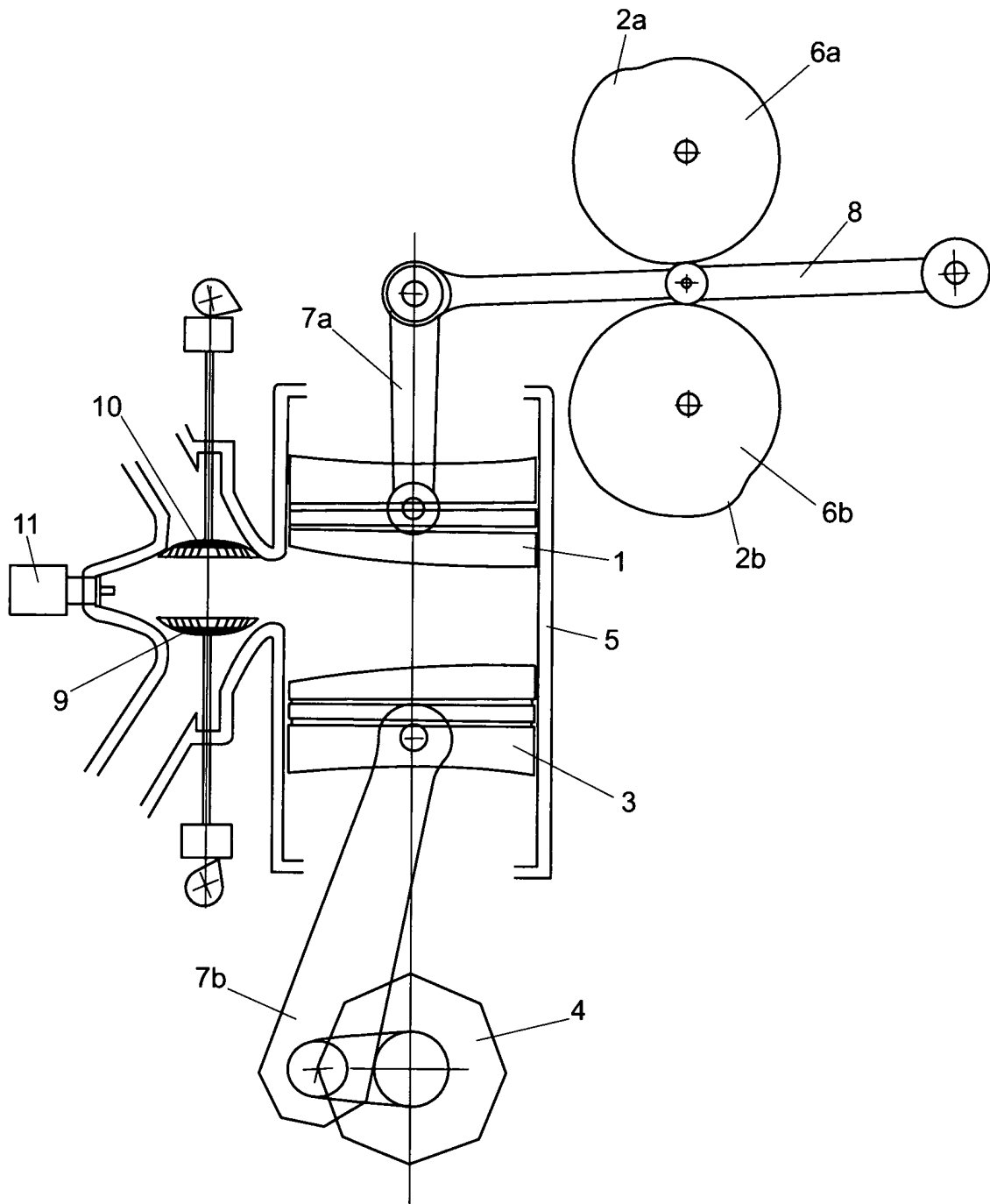


FIGURA 6

Resumo da Patente de Invenção para: **"MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA COM CONTRA-PISTÃO, OPERANDO EM UM CICLO DE TRABALHO EXCLUSIVAMENTE POSITIVO"**.

A presente invenção se refere a um motor com contra-pistão (1), que em sua modalidade preferida, apresenta dois pistões (1,3) contrapostos trabalhando no mesmo cilindro (5). O pistão principal (3) é acionado por uma árvore de manivelas (4) convencional e o outro, um contra-pistão (1), instalado no mesmo cilindro (5) e em posição contrária ao pistão principal (3), é acionado por cames (6a) e (6b) para comandar seu movimento alternativo, sendo que o dito came (6a) é dotado de um perfil que é invertido em relação ao perfil do dito came (6b), em que o came superior (6a) é responsável pela descida e o came inferior (6b) é responsável pela subida do contra-pistão (1), o qual garante a precisão do movimento de subida e de descida do dito contra-pistão (1).