

MOTOR ROTATIVO/ /ALTERNATIVO DE COMBUSTÃO INTERNA A 4 TEMPOS CONCEPTUAL.

Manuel da Silva e Sousa Lobo

Engenheiro, Professor da Universidade Lusófona de Humanidades
e Tecnologias

Introdução

O motor rotativo/alternativo aqui apresentado é, neste momento, apenas um projecto teórico conceptual. Foi objecto de um pedido de patente mundial em Janeiro de 1999.

Neste momento esse pedido de patente atravessa a fase de pesquisa nos países para os quais foi pedida protecção, esperando-se a sua concessão para os próximos meses.

O autor vai iniciar um período de consultas junto de empresas internacionais com experiência no fabrico de motores de combustão interna no sentido de serem fabricados protótipos do motor rotativo/alternativo, após chegar à frustrante conclusão de que parece não existirem em Portugal, organizações tecnológicas que possam dar suficiente garantia de fabrico desses protótipos em condições aceitáveis para um êxito desejado.

A necessidade de comprimir num pequeno número de páginas a descrição e explicação do funcionamento, bem como outros aspectos relevantes do motor rotativo/alternativo conceptual não permitirá aprofundar certas questões, principalmente na sua vertente físico/matemática, ficando o autor disponível para esclarecimentos adicionais aos interessados, ou para discutir aspectos eventualmente menos claros ou omissos do texto.

Sendo necessário, por vezes, fazer referência ao motor de concepção actual, faremos distinção entre os dois motores chamando ao motor rotativo/alternativo conceptual, *motor circular* devido ao movimento angular dos seus êmbolos e designaremos por *motor linear* o motor actual de combustão interna tendo em vista o movimento linear rectilíneo dos seus êmbolos.

Descrição dos componentes do motor

Cilindros toróidicos ociosos, êmbolos, corredeiras, mantivelas, eixos das manivelas e eixo motor

Os cilindros do motor circular têm formato toróidico, com o interior oco e sendo a sua secção circular. Nestes cilindros gera-se o movimento alternativo/rotativo dos êmbolos que caracteriza o funcionamento deste motor. Os êmbolos têm um raio máximo da sua superfície igual ao raio interior da secção do toróide (na realidade um pouco inferior), de modo que poderão deslizar no interior do cilindro toróidico. Para isso terão de ter um formato ajustado. Os êmbolos poderão fazer um movimento de vaivém dentro dos cilindros tal como acontece com os êmbolos do motor linear. Esse movimento terá de ser extraído para o exterior do cilindro e comunicado em forma rotativa ao eixo motor. Enquanto no motor linear o movimento do êmbolo é extraído pelo fundo aberto do cilindro linear e transformado em movimento rotativo através de uma

Motor rotativo/alternativo . . .

biela e manivela, no motor circular o movimento do êmbolo é trazido para o exterior do êmbolo através de uma manivela fixada ao êmbolo lateralmente. Para que a manivela se possa movimentar é preciso prever uma abertura anelar longitudinal ao longo da superfície de raio mínimo do toróide. Essa abertura tem uma largura constante e está ajustada à largura da manivela de forma que esta possa movimentar-se sem atritos excessivos. Figuras 1 e 2.

A abertura anelar terá de estar permanentemente fechada, de forma suficientemente estanque para impedir que a pressão dos gases das explosões se escape. Essa estanquidade será obtida através do ajustamento de uma corrediça em anel completo, deslizante na abertura anelar do cilindro, de forma que em qualquer posição angular essa estanquidade esteja garantida. As figuras 1 e 2 procuram clarificar o sistema.

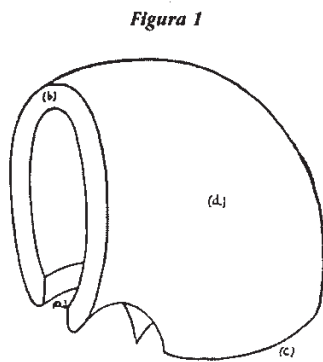


Figura 1

FIGURA 1 - CILINDRO TORÓIDICO

- (a) - ABERTURA ANELAR SEDE DA CORREDIÇA
- (b) - TOPO DO CILINDRO ONDE SE FIXA A CABEÇA (CÂMARA DE COMBUSTÃO)
- (c) - PARTE POSTERIOR DO CILINDRO ABERTA OU FECHADA
- (d) - CORPO DO CILINDRO TORÓIDICO

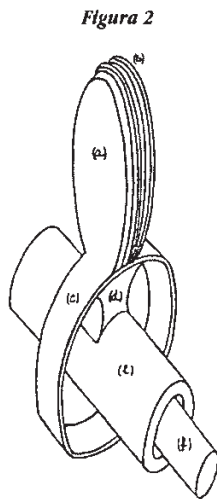


Figura 2

FIGURA 2

- (a) - SUPERFÍCIE DO ÊMBOLO
- (b) - SEGMENTOS
- (c) - CORREDIÇA
- (d) - MANIVELA
- (e) - EIXO DA MANIVELA
- (f) - EIXO MOTOR

Passando então à descrição da figura 1 e 2, podemos referir na figura 1 o corpo do cilindro toróidico (d) com a abertura anelar longitudinal (a). O cilindro apresentado é aberto nas duas extremidades, anterior e posterior (b e c).

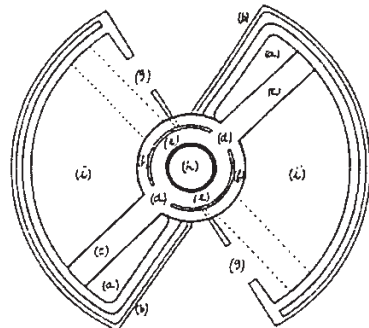
Na figura 2 aparecem apresentados o êmbolo (a) na periferia do qual se vêem encaixados dois segmentos (b). O êmbolo está rigidamente fixo à corrediça (c) enquanto do outro lado da corrediça se fixa à manivela. Então o conjunto êmbolo, corrediça, manivela e eixo da manivela constitui uma peça única. Apenas os segmentos são removíveis.

Vemos também que o eixo da manivela abraça concêntricamente o eixo motor, mas não existe qualquer contacto entre esses eixos. Os cilindros toróidicos são toróides parciais circulares e a sua secção é igualmente circular. O eixo geométrico do toróide é também o eixo geométrico de todas as peças rotativas do motor. Então é fácil de ver que se introduzirmos o êmbolo no cilindro este poderá ter um movimento de vai-vem dentro do cilindro e que a abertura anelar ficará fechada pelo ajustamento da corrediça, deixando de poder haver qualquer outro movimento que não seja alternativo, por parte do êmbolo.

Se em oposição de fase a este êmbolo pusermos outro igual ligado à corrediça e a outra manivela, teremos um segundo êmbolo em condições de poder ser introduzido num segundo cilindro toróidico, constituindo assim um conjunto bicilíndrico (como representado em corte na figura 3).

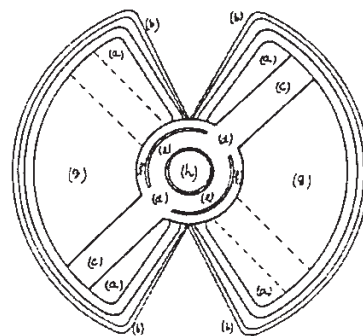
Os cilindros toróidicos podem ser fechados no topo e na parte posterior por câmaras de combustão, sendo que, no primeiro caso o cilindro possuirá apenas uma câmara de combustão e no segundo caso terá duas câmaras de combustão. Figura 3 (a) e (b).

Figura 3a
MOTOR CIRCULAR DE 4 CILINDROS
CORTE TRANSVERSAL DE UM CORPO BI-CILÍNDRICO



- (a) - CÂMARAS DE COMBUSTÃO
- (b) - CABEÇAS DOS CILINDROS
- (c) - ÊMBOLOS
- (d) - MANIVELAS
- (e) - EIXO DAS MANIVELAS
- (f) - CORREDIÇA
- (g) - PARTE POSTERIOR DOS CILINDROS (ABERTA)
- (h) - EIXO MOTOR

Figura 3b
CORTE TRANSVERSAL DOS CILINDROS



- (a) - CÂMARAS DE COMBUSTÃO
- (b) - CABEÇAS DOS CILINDROS
- (c) - ÊMBOLOS
- (d) - MANIVELAS
- (e) - EIXO DAS MANIVELAS
- (f) - CORREDIÇA
- (g) - CILINDROS COM DUAS CÂMARAS DE COMBUSTÃO
- (h) - EIXO MOTOR

Se tivermos apenas uma câmara de combustão por cilindro, precisaremos de 4 cilindros para fazermos uma sequência de 4 explosões. Se tivermos duas câmaras de combustão por cilindro então precisaremos de dois cilindros apenas para a mesma sequência de 4 explosões. Exemplos desses dois tipos de cilindros vêm-se na figura 3 em que aparece á esquerda um conjunto bi-cilíndrico, em que cada cilindro tem apenas uma câmara de combustão sendo a parte posterior aberta, e á direita um conjunto bi-cilíndrico com 4 câmaras de combustão. Estes cilindros de duas câmaras de combustão constituem um volume completamente fechado se exceptuarmos as aberturas correspondentes ás válvulas de admissão e de escape. Em ambos os casos podemos ver que os êmbolos podem ter movimentos de vaivém, angulares, transmitindo esses movimentos ao eixo da manivela.

Caixa de engrenagens inversora de movimento (CEIM)

Este conjunto de componentes do motor tem como único fim inverter qualquer movimento de rotação que seja aplicado a uma das engrenagens do sistema. Assim, como vemos na figura 4, se introduzirmos um movimento de rotação no sentido dos ponteiros do relógio, na engrenagem designada como de "entrada" através do seu eixo, obtemos um sentido de rotação em sentido contrário na engrenagem de "saída" que fica situada em frente e lhe é paralela.

Analisando a figura 4, vemos o eixo da engrenagem de entrada a rodar num sentido e o eixo da engrenagem de saída a rodar em sentido contrário. Para além das engrenagens de entrada e de saída existem mais 4 engrenagens designadas por "intermédias", cada uma com o seu eixo próprio e independente.

Os eixos das engrenagens intermédias estarão sustentados em alvéolos fixos nas paredes da caixa de engrenagens que fechará todo o sistema.

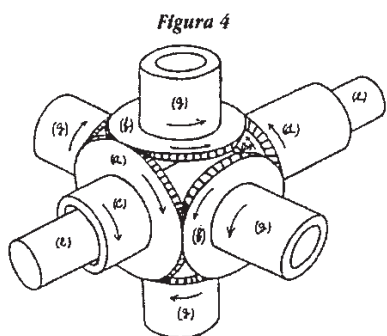


Figura 4
 (1) - ENGENHAGEM DE ENTRADA (2) - ENGENHAGEM DE SAÍDA
 (3) - EIXO DE MANÍVELA DE ENTRADA (4) - EIXO DE MANÍVELA DE SAÍDA
 (5) - EIXO MOTOR (6) - ENGENHAGENS INTERMÉDIAS
 (7) - EIXOS INDEPENDENTES DAS ENGENHAGENS INTERMÉDIAS

Conjunto de engrenagens engrena/desengrena

Estes conjuntos de duas engrenagens serão concebidos de forma a que, quando estas rodam no mesmo sentido e com velocidades iguais, fazem o engrenamento rodando solidárias e, quando rodam em sentidos contrários ou com velocidades diferentes, desengrenam, afastando-se. Para isso os seus dentes terão de ter um formato especial, arredondado e com inclinação desigual dos dois lados.

Estes conjuntos de engrenagens designados por Sistemas de Accionamento do Eixo Motor (SAEM) são constituídos por duas engrenagens cada um deles.

Uma das engrenagens é designada por engrenagem de entrada e a outra por engrenagem de saída.

As engrenagens de saída são em anel, com dentes fixos no seu interior. As engrenagens de entrada têm dentes móveis sulcados em alavancas dentadas oscilantes em torno de fulcros sustentados no corpo das engrenagens de entrada.

Como se pode ver nas figuras 5, 6 e 7 seguintes, quando a velocidade angular das duas engrenagens é diferente, o engrenamento será impossível. Tal engrenamento só se poderá concretizar quando a velocidade angular da engrenagem de entrada for tendencialmente superior á da engrenagem de saída e no mesmo sentido de rotação.

A figura 5 mostra-nos uma perspectiva de um dos SAEM onde se vê a engrenagem de entrada encaixada na engrenagem de saída com os dentes desengrenados.

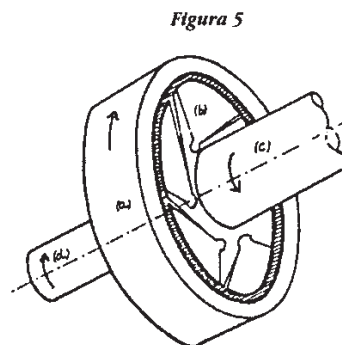
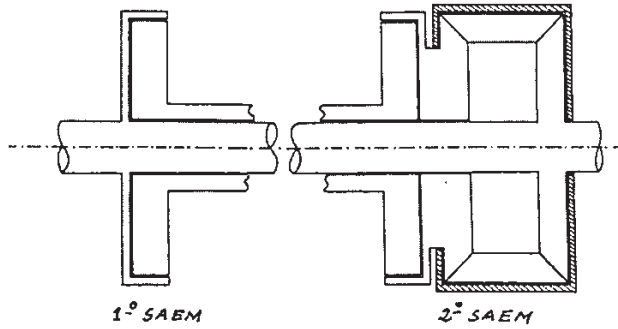


Figura 5
LEGENDA
 (a) - ENGENHAGEM DE SAÍDA DO SAEM N°1 EM ANEL DENTADO, FIXA AO EIXO MOTOR; (b) - ENGENHAGEM DE ENTRADA NO SAEM N°2 COM DENTES MÓVEIS; (c) - EIXO DAS MANÍVELAS; (d) - EIXO MOTOR

A figura 6, por sua vez, mostra que, enquanto um dos SAEM tem a sua engrenagem de saída fixada ao eixo motor (1º SAEM), o outro (2º SAEM) terá a sua engrenagem de entrada da caixa de engrenagem de saída ligada á engrenagem de entrada da Caixa de Engrenagens Inversora de Movimento (CEIM).

Figura 6

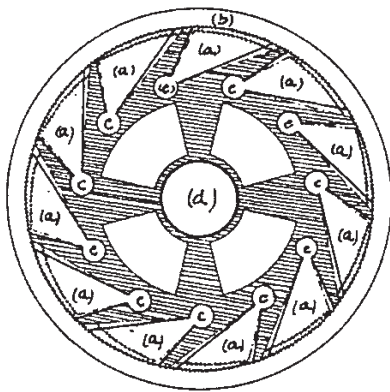


Finalmente a figura 7 mostra um sistema de engrenagens móveis (Alavancas dentadas) da engrenagem de entrada dos SAEM na posição de engrenada / desengrenada.

Como se pode avaliar na figura, quando as velocidades angulares das engrenagens de entrada e de saída são diferentes o engrenamento será impossível.

No entanto, quando a velocidade angular da engrenagem de entrada tende a ultrapassar a velocidade angular da engrenagem de saída, o engrenamento dar-se-á e manter-se-á, pelo que a energia da engrenagem de entrada será transmitida à de saída e portanto ao eixo motor. O desligamento entre engrenagens verificar-se-á logo que a engrenagem de entrada entre em desaceleração, diminuindo a sua velocidade angular.

Figura 7



- (a) - ALAVANCAS DENTADAS
- (b) - ENGENAGEM DE SAÍDA
- (c) - FULCROS DAS ALAVANCAS
- (d) - EIXO MOTOR

Descrição do funcionamento do motor

Considerações gerais

O motor circular funciona na base do ciclo termodinâmico de Otto, ou seja cada cilindro terá de passar pelos quatro tempos do ciclo: admissão, compressão, explosão e escape, tal como no motor linear. O motor circular poderá funcionar com o mesmo tipo de combustíveis do motor linear, com as mesmas adaptações nos sistemas de distribuição, alimentação e ignição que existem nesses tipos de motores lineares. Os sistemas de apoio ao funcionamento do motor são accionados pelo eixo motor através de correntes dentadas ou engrenagens igualmente como nos motores lineares. Para manter o eixo com uma rotação constante e sem solavancos deverá existir um volante regulador ligado ao eixo motor, do mesmo tipo do existente no motor linear. O sistema de arrefecimento do motor terá, características idênticas às do motor linear. O sistema de lubrificação terá no entanto de ser diferente. Sucintamente diremos que será um sistema de lubrificação "inteligente" em que o lubrificante chega onde é necessário, por canais provindo do eixo motor e sendo impelido para a periferia das peças em atrito por força centrífuga natural, resultante do movimento das peças móveis.

O motor circular pode, na sua forma mais simples ou seja com menor número possível de cilindros, ter duas concepções alternativas. Pode ser um motor de 4 cilindros e uma câmara de combustão em cada cilindro ou de dois cilindros com duas câmaras de combustão em cada cilindro.

Esses motores circulares têm componentes fixos que são os cilindros e câmaras de combustão, o chassis do motor e o invólucro metálico correspondente à caixa de engrenagens inversoras do movimento. Depois têm os componentes móveis que serão as restantes peças, ou seja, os êmbolos, as corrediças, as manivelas, os eixos das manivelas, as engrenagens inversoras do movimento, os conjuntos de engrenagens engrena / desengrena e ainda o eixo motor. Todos estes componentes móveis têm movimentos de rotação. Contínuo só as engrenagens da CEIM, as engrenagens de saída dos SAEM e ainda o eixo motor.

Todos os outros componentes constituintes do motor têm movimento rotativo / alternativo, constituindo um corpo rígido.

Após estas considerações vamos passar à explicação do funcionamento dos dois tipos de motores circulares começando pelo de 4 cilindros.

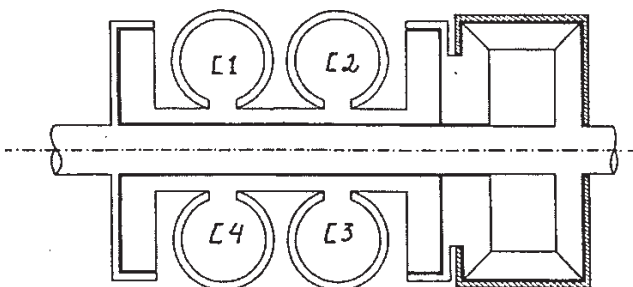
Funcionamento do motor circular de 4 cilindros

A figura 8 representa um corte longitudinal do motor. Nela vemos dois conjuntos bicilíndricos paralelos com os respectivos êmbolos fixos a duas corrediças / manivelas, com um único eixo de manivelas.

Nos extremos opostos do eixo das manivelas vemos os dois SAEM, sendo que um deles (1º SAEM) tem a sua engrenagem de saída fixa no eixo motor e o outro (2º SAEM) terá a sua engrenagem de saída fixa á engrenagem de entrada da CEIM.

Por sua vez a engrenagem de saída da CEIM estará também fixa ao eixo motor. Para além destas ligações ao eixo motor não existirão mais quaisquer outras, pelo que tanto o eixo motor como o eixo das manivelas disporão de fulcros de apoio que permitirão que todas as outras peças rodem livremente independentemente uma das outras.

Figura 8



Agora é fácil de ver como funciona o motor. Assim, quando a explosão se dá no cilindro 1, todos os êmbolos rodarão no mesmo sentido, que designaremos por sentido motor.

Só que, como os cilindros C2 e C3 têm as suas câmaras de combustão em oposição de fase, verifica-se que C1 estará em explosão, C2 em escape, C3 em admissão e C4 em compressão.

Seguem-se os restantes tempos do ciclo como vemos na figura 9.

Quando as explosões se dão, accionando os êmbolos no sentido motor, será o 1º SAEM a accionar o eixo motor.

Quando as explosões se dão no sentido contrário será o 2º SAEM a accionar o eixo motor por intermédio da CEIM, ou seja no mesmo sentido motor.

Assim o eixo motor será accionado sempre no mesmo sentido perfazendo uma rotação completa, visto que cada explosão corresponde a um movimento angular do eixo de 90º.

Seguidamente todo o ciclo se repete.

Funcionamento do motor circular de dois cilindros e quatro câmaras de combustão.

Socorrendo-nos da figura 10 onde se vê o motor em corte longitudinal podemos observar que um dos conjuntos bicilíndricos foi eliminado, mantendo-se todos os outros componentes inalterados. Aqui, o único conjunto bicilíndrico aceita explosões num e noutro sentido de

rotação. Os êmbolos receberão o impacto dos gases das explosões nas duas faces pelo que terão de ter uma conformação e uma robustez adequadas.

Figura 9

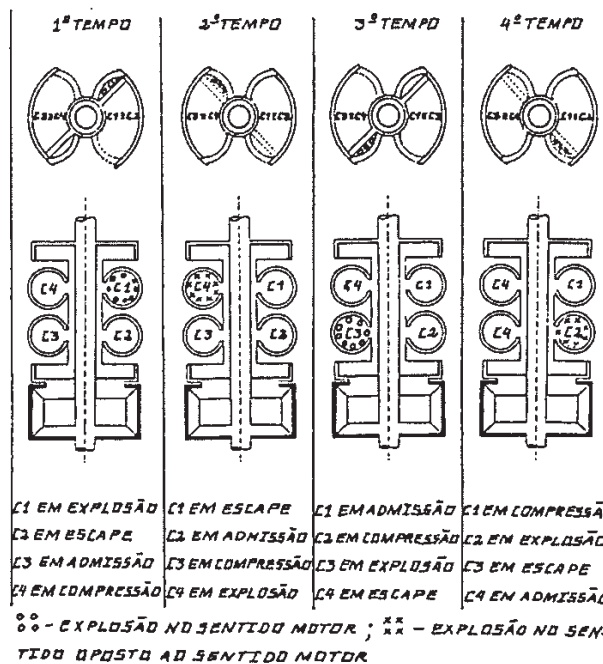
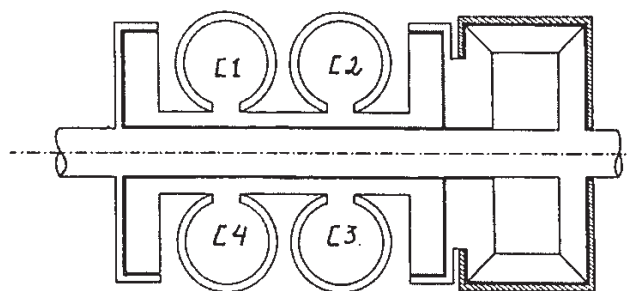
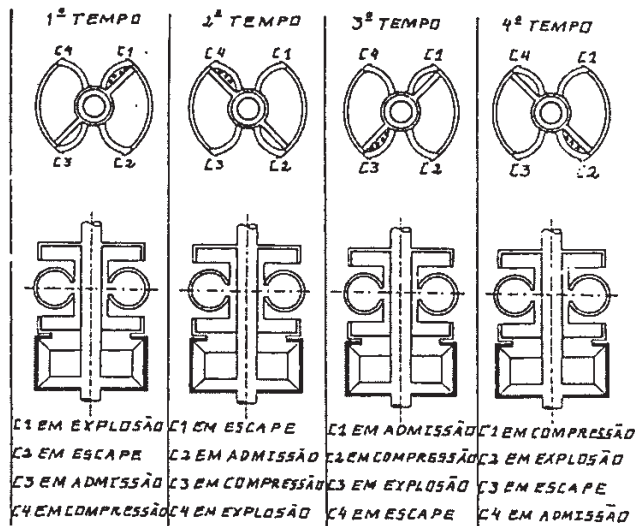


Figura 10



Na figura 11 vemos como se processa o ciclo termodinâmico em cada uma das 4 câmaras de combustão. O processo será idêntico ao referido anteriormente pelo que as explosões são consecutivamente no sentido motor e em sentido contrário. O accionamento do eixo motor processa-se exactamente da mesma forma que foi referida anteriormente.

Figura 11



Diferenças mais relevantes entre os motores circulares e lineares de combustão interna

Considerações gerais

O leitor pode ter já feito a si mesmo a pergunta: "mas qual o interesse de um motor que obtem a energia da mesma maneira e que tem mesmos fins?". Estudos teóricos aprofundados do motor circular mostram que as diferenças entre os dois motores não são apenas no formato. O que acontece é que vai haver diferenças enormes nos quatro tempos do ciclo de Otto com consequências significativas nas características do motor tais como potência fornecida ao eixo, binário motor, regimes de rotação mínimos e máximas, flexibilidade de funcionamento, etc... Por outro lado é difícil de dizer agora que aplicações é que o motor circular poderá vir a ter. Mas tendo em consideração que o actual motor de combustão interna é utilizado em inúmeras aplicações tais como veículos automóveis, aeronaves, barcos, máquinas diversas, geradores, tractores, helicópteros, serras mecânicas etc... bastará que apenas numa destas aplicações ele se revele mais eficiente para que a sua construção e portanto a sua invenção se torne útil.

Vamos referir brevemente as diferenças mais significativas entre o motor circular e o motor linear.

Explicitação das diferenças

Geometria

O motor circular é de formato cilíndrico enquanto o motor linear é essencialmente paralelepípedo. Isso tem as seguintes consequências:

- O motor circular poderá funcionar em qualquer posição enquanto o motor linear tem uma posição de funcionamento.
- O motor circular poderá ser de fácil manuseamento, tendo uma concepção modular (por exemplo pode-se substituir apenas um cilindro) tem as peças acessíveis e como os cilindros estão na periferia do motor, a sua montagem e desmontagem será extremamente simples. O motor linear não é modular e as peças móveis estão metidas dentro de uma caixa de difícil acessibilidade, bem como os próprios cilindros (se um cilindro se deteriorar terá de se substituir o bloco, se uma biela parte terá de se proceder á desmontagem de todo o motor) .

Simetria e equilíbrio dinâmico

O motor circular será simétrico e dinamicamente equilibrado. Assim, quando uma peça se move num sentido, outra com massa e momento de inércia idêntico move-se em sentido contrário, estabelecendo-se um efeito de acção e reacção que se traduz num equilíbrio dinâmico inibidor de vibrações e solavancos. O seu funcionamento auxiliado pelo volante regularizador perspectiva-se suave.

O motor linear é, como se sabe, profundamente desequilibrado com vibrações e choques apenas atenuados pelos contrapesos pesadíssimos aplicados á cambota.

Compatibilidade de movimento entre os êmbolos e o eixo motor

- Motor circular.

O movimento do êmbolo neste motor dá-se da seguinte forma: quando o êmbolo termina a compressão estará no ponto morto superior (PMS). Nessa altura a pressão dos gases corresponderá normalmente ao final da combustão e o seu nível energético será máximo. Nesse ponto o êmbolo estará momentaneamente parado. Sofrendo o impacto da pressão dos gases da combustão o êmbolo vai acelerar aumentando a sua velocidade angular rapidamente, "perseguido" pelos gases em expansão. Até igualar a velocidade de rotação do eixo motor o êmbolo não transmite energia ao eixo e estará desligado dele. A partir do momento em que as velocidades angulares se igualam o engrenamento das engrenagens engrena / desengrena consuma-se e o eixo motor passa a ser accionado pela pressão dos gases em expansão. O eixo motor

e o êmbolo do cilindro vão rodar solidariamente á mesma velocidade sendo o movimento dos dois sistemas *absolutamente compatível*.

– Motor linear.

O movimento do êmbolo neste motor é rectilíneo, enquanto o movimento do eixo motor (cambota) é rotativo ou seja, são incompatíveis. Para os compatibilizar existe o sistema de biela e manivela. *No entanto persistem zonas de incompatibilidade*. Assim, a cambota só pode começar a receber a energia do êmbolo quando se encontra em posição favorável, ou seja quando já fez uma rotação de 30° após o PMS. Antes disso haverá choques entre a biela e a manivela que provocam o característico som designado por “grilar” e que, a persistir leva a destruição rápida dos moentes da cambota. É possível demonstrar matematicamente que esta transformação de movimento linear em rotativo leva, só por si, a uma perda entre 10 a 15 % da energia mecânica do êmbolo no cilindro em explosão na transmissão ao eixo motor (demonstração matemática feita pelo autor não apresentada aqui).

Taxa de compressão

Para podermos explicitar as diferenças na taxa de compressão dos dois motores é preciso fazer uma referência breve á forma de obter a compressão nos dois motores.

– Motor linear

Como se sabe, a taxa de compressão de um motor linear é constante para todos os regimes de rotação, constituindo uma das características do motor. A taxa de compressão do motor linear resulta do movimento de compressão da mistura no cilindro em compressão no seu movimento ascensional do PMI até o PMS. Repare-se que o êmbolo em compressão está permanentemente ligado ao eixo motor pelo que o trabalho de compressão, incluindo a compressão da mistura no início da combustão, constituirá um trabalho negativo directamente retirado ao eixo. Neste motor o PMS é inalterável pelo que a taxa de compressão é constante.

– Motor circular

Neste motor não há qualquer condicionamento da taxa de compressão por parte de uma cambota inexistente. Por isso o processo de compressão da mistura é radicalmente diferente. Assim a parte inicial da compressão no cilindro em compressão é conseguida pela pressão dos gases no cilindro em explosão. Perto do PMI, a pressão dos gases em expansão será igual á pressão dos gases em compressão (note-se que a ignição já se iniciou aumentando rapidamente a sua pressão). Nessa altura já não valerá a pena manter fechada a válvula de escape do cilindro em explosão e ela será aberta. No entanto a compressão dos gases

em combustão ainda não terminou. Onde ir buscar a restante energia de compressão? Pois será a energia cinética de todo o sistema móvel que se vai encarregar desse trabalho. Assim, quando a válvula de escape de cilindro em compressão for aberta, o sistema móvel vai estar animado de energia cinética $W_{ci} = 1/2I\omega^2$ em que W_{ci} é a energia cinética do sistema móvel, I é momento de inércia do sistema móvel (constante para um determinado motor) e ω é a velocidade angular do sistema móvel. Em resumo, a energia de compressão cresce com o quadrado da velocidade angular do êmbolo em compressão quando se dá a abertura da válvula de escape do cilindro em explosão. Isso significará que o êmbolo poderá conseguir “entrar” na câmara de combustão tanto mais quanto maior a sua energia cinética, ou quanto maior o seu regime de rotação. Ou seja, não vai haver um PMS fixo mas apenas um PMS mínimo e um PMS máximo. Ou, finalmente, a taxa de compressão vai variar com o regime de rotação. Poderá ser tanto maior quanto maior o regime de rotação do motor. Ora isso é excelente para o rendimento do motor.

Regimes de rotação mínimos

Como já vimos atrás, apesar da biela e manivela, há zonas de incompatibilidade entre o movimento linear do êmbolo e circular da cambota no motor linear. Isso obriga a que o motor tenha um regime de rotação mínimo, abaixo do qual a sustentação do seu movimento é impossível devido a factores de desequilíbrio dinâmico. Ora isso não acontecerá no motor linear. Havendo equilíbrio dinâmico e compatibilidade de movimentos de rotação, o regime mínimo será o que puder fornecer ao eixo a energia mínima necessária para mover os sistemas de apoio ao motor. Essa rotação será equivalente a cerca de 400 rpm (no motor linear). No motor linear anda á volta de 900 rpm, mais do dobro; assim é evidente a vantagem do motor circular em diminuição do consumo e poluição, neste regime.

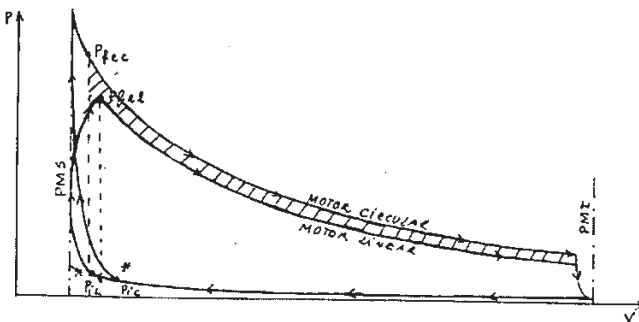
Energia fornecida ao eixo motor na explosão

Enquanto no motor linear existe uma rigidez quasi absoluta no momento em que o eixo motor pode começar a receber energia da explosão, como vimos atrás, no motor circular esse problema não existe pelo que o eixo circular pode começar a receber energia de êmbolo em explosão em qualquer momento. Isso significa que se o engrenamento das engrenagens engrena / desengrena transmissoras de energia ao eixo se der antes da rotação de 30° após o PMS, o eixo motor do motor circular vai começar a receber energia antes e portanto durante mais tempo que o eixo do motor linear. Isso reflectir-se-á num aumento de rendimento para as mesmas condições de explosão.

Diferenças no ciclo energético compressão/explosão

Se considerarmos dois motores, um linear e outro circular com as mesmas características técnicas, os seus ciclos energéticos compressão / explosão serão diferentes. A sua representação gráfica aparece na figura 12. Como se vê nessa figura, o ciclo energético do motor circular tem um ganho energético representado pela área a tracejado. Como se vê também, a compressão termina no PMS que será o ponto onde se esgota a energia cinética de compressão e que se faz coincidir com o final da combustão da mistura energética. Isso consegue-se através do início antecipado da ignição em relação ao motor linear (Pic). O nível energético da explosão no motor circular será maior do que o da explosão no motor linear devido ao maior nível de compressão conseguido no motor circular. Também o Pfec (Ponto de início de fornecimento de energia ao eixo no motor circular) é antecipado em relação ao mesmo ponto do motor linear (Pfel). Esta situação verifica-se para um PMS situado ao mesmo nível. Se deixássemos aumentar a compressão no motor circular, a melhoria de rendimento seria muito mais notável.

Figura 12



Flexibilidade

Enquanto o motor linear reage com dificuldade a aumentos de carga com uma determinada desmultiplicação de velocidade, devido à rigidez de início do fornecimento de energia ao eixo, o motor circular responderá a essa eventualidade com grande flexibilidade e "souplesse". De facto, quando a carga do motor aumenta o eixo motor tenderá a diminuir a sua velocidade de rotação. Isso significará que a velocidade acelerada do êmbolo vai igualar mais rapidamente a do eixo podendo começar o fornecimento mais cedo e a nível energético mais elevado. Então, a resposta do motor a um aumento de carga é o fornecimento acrescido de energia ao eixo, pelo que, o equilíbrio será rapidamente restabelecido.

Binário motor

Sendo esta a última diferença aqui referida (the last but not the least), podemos dizer que o motor, para uma amplitude angular de movimento motor do êmbolo de 90° , precisa de quatro explosões para completar uma rotação, enquanto o motor linear efectua uma rotação para cada duas explosões. Então, para motores de características equivalentes o motor circular terá, para a mesma potência, metade da rotação e o dobro do binário. Ora, hoje, é comumente aceite que os motores de menor rotação e maior binário têm comportamentos mais sãos, uma durabilidade maior e no geral menores consumos.

Considerações finais

Muito mais haveria de dizer sobre este assunto. Há questões importantes que não foram aforadas como a variação do PMI e as suas consequências benéficas na melhoria da combustão da mistura. Não referimos a questão dos tempos da admissão e escape que terão melhorias significativas. Não referimos a questão dos atritos, nem a questão da "ovalização" dos êmbolos e cilindros no motor linear que não existirá no motor circular, etc... Enfim, era impossível meter o "Rossio na rua da Betesga". Espero, no entanto, que os leitores deste escrito venham a ter notícias, um dia destes, mais concretas do motor conceptual aqui abordado.