

INTRODUCCION

Las bombas hidráulicas son uno de los elementos hidráulicos más importantes que actúan en un sistema hidráulico, sobre todo un sistema hidráulico de aviación, pues de ellas depende el funcionamiento de los trenes de aterrizaje, el movimiento de algunas superficies de control ya sean primarias o secundarias y un sinnúmero de elementos en el interior de las aeronaves. En los grandes aviones existen dos y hasta tres sistemas hidráulicos independientes, cuyas bombas se accionan mediante combinación de medios impulsores. De esta forma la fiabilidad o seguridad de los sistemas hidráulicos es excepcionalmente alta, pues resulta muy improbable un fallo total. Por ejemplo, el Airbus A320 cuenta con tres sistemas hidráulicos independientes que se denominan sistema amarillo, sistema azul y sistema verde; donde cada uno de ellos actúa sobre diferentes mecanismos.

La presión hidráulica nominal de los sistemas hidráulicos de aeronaves de altas prestaciones es de 3000 psi, no obstante también se emplean presiones menores. Existen sistemas en los cuales cabe distinguir dos tipos de presiones nominales, llamadas presiones de máxima y presión de vuelo en crucero. Las primeras se emplean en caso de prestaciones máximas del sistema, como decolaje y aterrizaje y las segundas como su nombre lo indica en condiciones de vuelo estabilizado cuando los requisitos del sistema hidráulico son mínimos o esporádicos.

Así pues, es nuestro objetivo analizar el comportamiento y características de las bombas que dan funcionamiento a dichos sistemas, para poder tener una herramienta clara y precisa que nos permita determinar un fallo o un mal funcionamiento de la bomba, de la misma manera tener unos parámetros de selección para poder hacer una adecuación correcta y obtener el óptimo funcionamiento de nuestro sistema hidráulico.

GENERALIDADES

Las bombas hidráulicas son los mecanismos encargados de producir la presión hidráulica, hasta el valor nominal que precisa el sistema, de acuerdo con sus condiciones de diseño. Para ello la bomba se alimenta de líquido hidráulico almacenado en un depósito. La energía requerida por la bomba se obtiene por uno de los siguientes procedimientos:

- Motores eléctricos
- Motor de la aeronave, por transmisión de potencia
- Turbina accionada por la presión dinámica del aire

De las bombas también podemos decir que son elementos destinados a elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto o bien, a convertir la energía mecánica en energía hidráulica. Según el tipo de aplicación podemos utilizar una u otra bomba.

La primera referencia escrita sobre una bomba aparece en los libros de los Sabios del museo de Alejandría, y describe una máquina contraincendios ideada por Ctesibus, en la cual la propulsión del agua se realizaba por medio de una bomba. La primera bomba conocida desplazamiento positivo fue utilizada en el imperio Romano, después del año 100 a.C. y era una bomba con un cilindro y un émbolo en su interior y válvulas en cada extremo. Hasta finales del siglo XVIII, principios del XIX las bombas eran utilizadas exclusivamente para el trasvase de fluidos.

Actualmente las bombas son los aparatos más utilizados después del motor eléctrico.

RENDIMIENTOS DE LA BOMBA

La operación y eficiencia de la bomba hidráulica, en su función básica de obtener una presión determinada, a un número también determinado de revoluciones por minuto se define mediante tres rendimientos a saber: rendimiento volumétrico, rendimiento mecánico y rendimiento total.

Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico de la bomba es el cociente que se obtiene al dividir el caudal de líquido que comprime la bomba y el que teóricamente debería comprimir, conforme a su geometría y a sus dimensiones. Dicho en otros términos el rendimiento volumétrico expresa las fugas de líquido que hay en la bomba durante el proceso de compresión, fugas que se deben a las holguras existentes en el interior de los componentes de la bomba.

El rendimiento volumétrico es un factor de la bomba muy importante, pues a partir de él se puede analizar la capacidad de diseño y el estado de desgaste en que se encuentra una bomba, así si el rendimiento volumétrico disminuye con una alta tasa de cambio, el desgaste de sus elementos ya es demasiado.

El rendimiento volumétrico se ve afectado también por la presión del fluido hidráulico que se transporta y también por la temperatura del mismo.

Rendimiento mecánico

El rendimiento mecánico mide las pérdidas de energía mecánica que se producen en la bomba, debidas al rozamiento y a la fricción de los mecanismos internos. Es esencial evitar la fricción y el rozamiento en el interior de la bomba, de tal manera que la energía que se comunica al eje de la bomba se invierta, en el mayor grado posible en aumentar la presión del líquido y no en vencer rozamientos y fricciones excesivas entre las partes mecánicas de la bomba.

En términos generales se puede afirmar que una bomba de bajo rendimiento mecánico es una bomba de desgaste acelerado, principalmente debido al rozamiento que sufre las partes en movimiento.

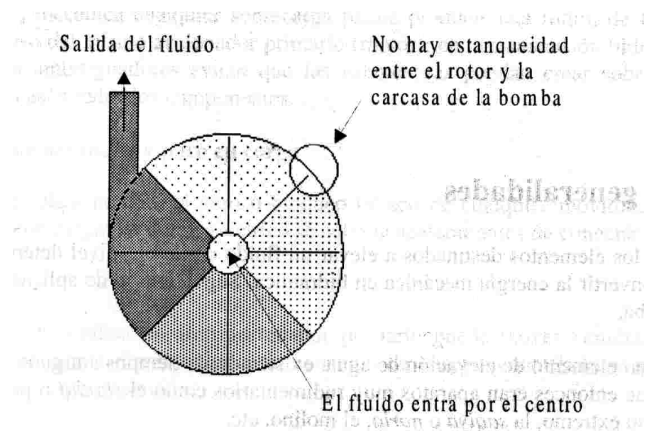
Rendimiento total o global

El rendimiento total o global es el producto de los rendimientos volumétrico y mecánico. Se llama total porque mide la eficiencia general de la bomba en su función de bombear líquido a presión, con el aporte mínimo de energía al eje de la bomba. Esta consideración, de aporte mínimo de energía a los mecanismos del avión, es general y muy importante en la ingeniería aeronáutica, debido a que toda la energía se obtiene de los motores.

Así pues el rendimiento total se expresa como el consumo de energía necesario para producir la presión hidráulica nominal del sistema.

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO Y NO POSITIVO

Bombas de desplazamiento no positivo



Estas bombas son empleadas generalmente para el trasiego de fluidos, la energía cedida al fluido es cinética y funciona generalmente mediante fuerza centrífuga. Una bomba de desplazamiento no positivo, también llamada hidrodinámica no dispone de sistemas de estanqueidad entre los orificios de entrada y salida; por ello produce un caudal que variara en función de la contrapresión que encuentre el fluido a su salida

Fig. 1 Bomba centrífuga

El caudal suministrado por la bomba no tiene suficiente fuerza para vencer la presión que encuentra en la salida y al no existir estanqueidad entre esta y la entrada, el fluido fuga interiormente de un orificio a otro y disminuye el caudal a medida que aumenta la presión, según la gráfica que se muestra en la siguiente figura.

Fig. 2. Rendimiento de una bomba centrífuga

En este tipo de bombas la presión máxima alcanzable variara en función de la velocidad de rotación del elemento impulsor.

Dentro de este grupo de bombas de desplazamiento no positivo se incluyen las bombas peristálticas, que son un intermedio entre estas y las de desplazamiento positivo y principalmente se utilizan para bajas presiones.

Bombas de desplazamiento positivo

Las bombas hidrostáticas de desplazamiento positivo son los elementos destinados a transformar la energía mecánica en hidráulica. Estas bombas son aquellas que suministran la misma cantidad de liquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, independiente de la presión que encuentre el liquido a su salida.

Fig. 3. Rendimiento de una bomba de desplazamiento positivo

La homogeneidad de caudal en cada ciclo se consigue gracias a unas tolerancias muy ajustadas entre el elemento de bombeo y la carcasa de la bomba. Así, la cantidad de liquido que fuga interiormente en la bomba de desplazamiento positivo es mínima, y despreciable comparada con el máximo caudal de la misma.

Cuando estas bombas presentan fugas internas considerables deben ser reparadas o sustituidas ya que no trabajan correctamente, Orientativamente el rendimiento volumétrico de las bombas de desplazamiento positivo, aunque varia de un tipo a otro no debe ser inferior al 85%.

La comparación entre las gráficas de rendimiento para cada tipo hace comprender el porque todas las bombas de los sistemas hidráulicos de aviación son de desplazamiento positivo. Las tres razones más importantes son:

- En la bomba de desplazamiento no positivo, cuando el esfuerzo a vencer por el sistema alcance un valor determinado, la bomba dejara de dar caudal y el equipo se detendrá.
- En el caso anterior, y aun antes de alcanzar este valor concreto de presión, el caudal va disminuyendo notablemente, por lo que no se dispone de un control preciso de la velocidad de movimiento del sistema.
- Las fugas internas en este tipo de bombas implican un elevado consumo de energía mecánica que se desaprovecha al no convertirse en energía hidráulica.

Las bombas hidrostáticas se agrupan según el tipo de elemento de bombeo y se dividen en dos grupos principales: Bombas de caudal fijo y bombas de caudal variable. El desplazamiento de fluido en cada cilindrada de una bomba de caudal fijo se mantiene constante en cada ciclo o revolución, pues el caudal es constante a una velocidad de trabajo determinada; por el contrario, el caudal de salida de una bomba de caudal variable puede cambiarse y alterar la geometría del elemento de bombeo o la cilindrada del mismo.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

Caudal

El caudal de una bomba esta determinado por la siguiente relación:

$$\text{CAUDAL} = \text{CILINDRADA} * \text{VELOCIDAD}$$

El caudal así obtenido es llamado caudal teórico, que es simplemente superior al caudal real en función del rendimiento volumétrico de la bomba, es decir de las fugas internas de la misma.

Se define el rendimiento volumétrico como la relación entre el caudal real y el caudal teórico:

Este rendimiento volumétrico oscila entre el 80 y el 99% según el tipo de bomba, su construcción y sus tolerancias internas, y según las condiciones específicas de velocidad, presión, viscosidad del fluido, temperatura, etc.

El rendimiento total de una bomba es el producto de sus rendimientos volumétrico y mecánico:

El rendimiento total de una bomba nueva puede oscilar entre el 50 y el 90%, valores que disminuirán con el uso y el desgaste de los elementos de estanqueidad interna propia de la bomba.

Presión de Trabajo

Todos los fabricantes otorgan a sus bombas un valor denominado presión máxima de trabajo, algunos incluyen las presiones de rotura o la presión máxima intermitente, y otros adjuntan la gráfica de presión/vida de sus bombas. Estos valores los determina el fabricante en función de una duración razonable de la bomba trabajando en condiciones determinadas.

El valor de la presión máxima de trabajo suele calcularse para una vida de 10000 horas; en algunos casos se especifican también las presiones máximas intermitentes o puntales.

Vida

La vida de una bomba viene determinada por el tiempo de trabajo desde el momento en que se instala hasta el momento en que su rendimiento volumétrico haya disminuido hasta un valor inaceptable, sin embargo este punto varia mucho en función de la aplicación. Así por ejemplo hay instalaciones donde el rendimiento no puede ser inferior al 90%, mientras que otras se aprovecha la bomba incluso cuando

Fig. 4. Vida de las bombas en función de la presión

su rendimiento es inferior al 50%. La vida de una bomba también varía considerablemente en función del nivel de contaminación del fluido con el que se está trabajando.

BOMBAS HIDROSTÁTICAS

Una bomba hidrostática o de desplazamiento positivo es aquella suministra la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución de bombeo, independientemente de la presión que encuentre el líquido a su salida. Estas se clasifican en dos grupos según el tipo de fuerza que se les ha de aplicar para su funcionamiento.

Bombas oscilantes

Estas bombas constan de un vástago conectado a un pistón, con sus elementos de estanqueidad, que se desplaza en el interior de un orificio cilíndrico cerrado por el extremo opuesto por donde tiene los orificios de aspiración y salida. Aquí, se transforma la fuerza y el movimiento lineal de un vástago en energía hidráulica.

Fig. 5. Bomba Manual

Se debe saber que mientras no se conecte el orificio de salida a un accionador que genere contrapresión, el accionamiento consumirá muy poca energía, y se limitará a suministrar el caudal determinado. Cuando exista la contrapresión, la energía para mover el émbolo incrementará en función de la presión que alcance el fluido.

A continuación se muestra cómo al salir el pistón se crea vacío en la cámara de bombeo. Este vacío succiona el fluido del depósito a través del antirretorno de aspiración y cierra el antirretorno de salida. Al cambiar el sentido del pistón, el fluido sale, cerrando el antirretorno de aspiración abriendo el de la línea de impulsión.

Todas las bombas hidrostáticas suministran el mismo volumen de líquido en cada ciclo, y esto no varía en función de la velocidad de accionamiento.

Las unidades típicas son: centímetros cúbicos por revolución, o litros por minutos. En la mayoría de los casos el caudal se determina a 1500 r.p.m.

Un ejemplo de bombas oscilantes son las manuales. Son empleadas en los circuitos hidráulicos como fuente de presión y de caudal.

Fig. 6. Bomba manual de doble efecto

Existen diversos tipos de bombas manuales, simples, donde el bombeo se realiza por una sola cámara del cilindro; dobles, mientras que una cámara del cilindro está aspirando, la otra está bombeando; combinadas, de gran caudal a baja presión y viceversa, para conseguir un avance rápido del accionador y elevada presión a poca velocidad.

En estas bombas la presión máxima se logra en función del esfuerzo aplicado en la palanca de accionamiento.

Bombas rotativas

Este tipo de movimiento es el que traslada el fluido desde la aspiración hasta la salida de presión. Según el elemento que transmita tal movimiento, se clasifican en bombas de engranajes, paletas, pistones etc.

- **Bombas de engranajes externos**

Produce caudal al transportar el fluido entre los dientes de dos engranajes acoplados. Uno de ellos es accionado por el eje de la bomba (motriz), y este hace girar al otro (libre).

Fig. 7. Bomba de engranajes externos de baja presión

Lo que sucede es el origen de un vacío en la aspiración cuando se separan los dientes, por el aumento del volumen en la cámara de aspiración. En el mismo momento los dientes se van alejando, llevándose el fluido en la cámara de aspiración. La impulsión se origina en el extremo opuesto de la bomba por la disminución de volumen que tiene lugar al engranar los dientes separados.

Fig. 8. Bomba de engranajes externos de alta presión

El tipo de bomba más utilizado son las de engranajes rectos, además de las helicoidales y behelicoidales.

En condiciones óptimas estas bombas pueden llegar a dar un 93% de rendimiento volumétrico.

Son sin lugar a dudas las bombas más ruidosas del mercado. Por ello no se emplean en aplicaciones fijas e interiores, donde su nivel sonoro puede perjudicar a los operarios que las trabajan.

B) Bombas de lóbulos

Son bombas rotativas de engranajes externos, que difieren de estas en la forma de accionamiento de los engranajes. Aquí ambos engranajes son accionados independientemente por medio de un sistema de engranajes externo a la cámara de bombeo.

Fig. 9. Bomba de Lobulos

Ofrecen un mayor desplazamiento, pero su coste es mayor y sus prestaciones de presión y velocidad son inferiores a las de las bombas de engranajes.

- **Bombas de husillos**

También llamadas de tornillos, son bombas de engranajes de caudal axial. Existen tres tipos de bombas de husillo: de un solo husillo, un rotor en forma de espiral excéntricamente en el interior de un estator. De doble husillo, dos rotores paralelos que se entrelazan al girar en una carcasa mecanizada con ciertas tolerancias. De triple husillo, un rotor central (motriz), y dos rotores que se entrelazan con el primero.

En estas bombas, el fluido que rodea los rotores en la zona de aspiración es atrapado a medida que estos giran, es empujado y forzado a salir por el otro extremo. Las principales aplicaciones de este tipo de bombas son en sistemas hidráulicos donde el nivel sonoro debe controlarse.

- **Bombas de engranajes internos**

Están compuestas por dos engranajes, externo e interno. Tienen uno o dos dientes menos que el engranaje exterior. Tienen un desgaste menor por la reducida relación de velocidad existente. Son utilizadas en caudales pequeños. Y pueden ser de dos tipos: semiluna y gerotor.

- **Bombas de semiluna**

En estas bombas entre los dos engranajes hay una pieza de separación en forma de media luna. Está situada entre los orificios de entrada y salida, donde la holgura es máxima. La estanqueidad se consigue entre el extremo de los dientes y la semiluna; posteriormente en el orificio de salida, los dientes se entrelazan, reducen el volumen y forzan a salir el fluido. Estas bombas se emplean actualmente para modelos de dos etapas para presiones superiores a 280 bar.

Fig. 10. Bomba de semiluna

- **Bombas gerotor**

Consiste en un par de engranajes que están siempre en contacto. El rotor interno arrastra al externo que a su vez tiene un diente más, girando en la misma dirección.

Fig. 11. Bomba gerotor

El fluido entra a la cámara donde los dientes se separan y es expulsado cuando se entrelazan de nuevo.

- **Bombas de paletas**

Un determinado número de paletas se desliza en el interior de unas ranuras de un rotor que a su vez gira en un anillo. Las cámaras de bombeo se generan entre las paletas, el rotor y el anillo.

Durante la rotación, a medida que aumenta el espacio comprendido entre las paletas, el rotor y el anillo, se crea un vacío que hace que entre el fluido por el orificio de aspiración. Cuando se reduce el espacio, se ve forzado a salir. La estanqueidad se consigue entre el conjunto paletas-rotor y las placas laterales, así como al ajustar el vértice de las paletas y el anillo.

Normalmente estas bombas no están recomendadas a trabajar en velocidades inferiores a 600 r.p.m.

Fig. 12. Bomba de paletas

- **Bombas de paletas no compensadas**

Aquí el alojamiento es circular y dispone de un solo orificio de aspiración y otro de presión. Teniendo las cámaras opuestas, generan cargas laterales sobre el eje motriz. Y pueden ser de caudal fijo o variable, normalmente usadas a presiones inferiores a 175 bar.

- **Bombas de paletas compensadas**

Sólo existen para caudales fijos, se diferencian en que su anillo es elíptico, lo que permite utilizar dos conjuntos de orificios de aspiración y de impulsión. En estas bombas se anulan los esfuerzos laterales, puesto que las dos cámaras están separadas 180 grados lo que hace que las fuerzas laterales se equilibren.

Fig. 13. Bomba de paletas compensadas

- **Bombas de Paletas fijas**

No se utilizan en sistemas hidráulicos por su pequeña cilindrada y por ser ruidosas. Tienen el rotor elíptico, anillo circular y paletas fijas internamente.

- **Bombas de pistones**

Son unidades rotativas, que disponen de conjuntos pistón–cilindro. Parte del mecanismo gira alrededor de un eje motor que crea un movimiento oscilante del pistón, haciendo que este aspire el fluido hacia el interior del cilindro en la carrera de expansión y expulsarlo en la carrera de compresión. Son de dos tipos: axiales y axiales en línea.

- **Bombas de pistones axiales**

Los pistones en estas bombas oscilan axialmente, es decir paralelos al eje así que el movimiento rotativo del eje motriz se convierte en un movimiento axial oscilante de los pistones. Suelen utilizar varios pistones y válvulas de retención.

Fig. 14. Bomba de pistones axiales

- **Bombas de pistones axiales en línea**

Tiene como diseño más sencillo el de barrilete de cilindros que gira accionado por eje motriz. Los pistones en los orificios del barrilete se conectan al plato inclinado y de una anillo de retroceso.

A medida que el barrilete gira, los pies de los pistones siguen apoyados al plato, haciendo que se muevan linealmente respecto al eje. Los orificios en la placa de distribución permiten que los pistones pasen por el orificio de entrada cuando empiezan a salir de sus alojamientos y por la salida cuando entran al alojamiento de nuevo.

- **Bombas de pistones axiales en ángulo**

Están compuestas por un eje motriz, el barrilete de cilindros y una placa de válvulas, encarada esta última con los orificios de los cilindros del barrilete. El eje motriz está en ángulo con relación al eje del barrilete. La placa de válvulas tiene orificios dispuestos de forma que la aspiración está abierta a los orificios de los cilindros en la zona de revolución. Su orificio de salida está encarado a los orificios de los pistones en la zona en la que los pistones se acercan a la placa de válvulas. Esto permite que en el giro de la bomba los pistones succionen fluido hacia el interior de los cilindros, y lo expulsan por la cámara de salida.

Fig. 15. Bomba de pistones axiales en angulo

- **Bombas de pistones axiales con placa oscilante**

La diferencia entre esta bomba y la axial en línea es que los pistones son estáticos y lo que gira es la placa inclinada. Gira la placa y produce el desplazamiento de los pistones, lo que permite que los pistones aspiren y expulsan el fluido.

- **Bombas de pistones radiales**

En estas bombas los pistones están ubicados radialmente en un bloque de cilindros, y se mueven perpendicularmente con relación al eje. Dos tipos básicos de bombas de pistones radiales son los de caudal fijo y caudal variable.

Fig. 16. Bomba de pistones radiales

Esta figura muestra el bloque de cilindros que gira sobre un pivote estacionario en el interior de un anillo circular o rotor. A medida que el bloque gira, el pistón sigue la superficie interna del anillo.

- **Bombas de pistones oscilantes**

Al igual que un motor de explosión, los pistones se mueven en un sentido por el esfuerzo transmitido por un cigüeñal, una excentricidad del eje o un plato. La diferencia entre estas comparaciones es que lo que en el motor de explosión es el eje de salida, en la bomba es el eje primario por el que recibe la energía; y los pistones del motor son los que en la bomba generarían la presión y el caudal.

Fig.17 Bomba de pistones oscilantes

Estas bombas tienen como ventajas: ofrecen un sistema de estanqueidad mucho mejor entre la entrada y la salida, además que en estas bombas la lubricación de las partes móviles puede hacerse con un fluido distinto al bombeado.

Caudal teórico para los diferentes tipos de bombas

Para las bombas de engranajes externos:

δ = Diámetro primitivo de la rueda motriz

m = Módulo

b = Ancho del diente

n = Velocidad de giro (R.P.M)

Para las bombas de engranajes internos, de paletas fijas y de paletas compensadas:

F = Sección libre entre el anillo exterior y la rueda dentada o paleta

b = Ancho del diente o paleta

n = Velocidad de giro en R.P.M.

Para las bombas de paletas no compensadas:

b = Ancho del rotor

n = Velocidad de giro en R.P.M

R = Radio mayor del estator

v = Radio menor del estator

w = Espesor de la paleta

z = Numero de paletas.

Para las bombas de pistones:

F = Sección del émbolo

h = Carrera del émbolo(depene de la excentricidad)

n =Velocidad de giro

z =Número de émbolos

BOMBAS DE CAUDAL VARIABLE Y BOMBAS MULTIPLES

Bombas de Caudal Variable

Aunque todas las bombas pueden variar su caudal de salida, simplemente cambiando la velocidad de trabajo, se entiende por bombas de caudal variable aquellas que, manteniendo constante el régimen de funcionamiento, pueden cambiar el caudal de salida cambiando la geometría o el volumen de las cámaras de bombeo internas; por ello se llaman bombas de cilindrada variable.

Fig. 18. Bomba de paletas de caudal variable

La variación de la cilindrada en estas bombas se consigue de diversas formas, entre ellas las más frecuentes son de control manual por palanca, control manual por volante, servocontrol, compensador de presión, pilotaje externo, control electrónico, etc. Este tipo de bombas se emplean principalmente para transmisiones hidrostáticas.

Bombas múltiples

Son muchos los sistemas hidráulicos en los que por uno u otro motivo se precisa de diversas bombas para uno o varios circuitos. Para solucionar este problema de la forma más económica se han desarrollado las bombas múltiples, es decir varias unidades de bombeo, de igual o distinta cilindrada colocadas sobre un mismo cuerpo y accionadas simultáneamente por un mismo eje motriz.

Existen muchos modelos de bombas múltiples, pudiendo estas ser combinaciones de varias bombas de engranajes, o de pistones o combinaciones de las mismas. En la mayoría de las aplicaciones las bombas múltiples se emplean para suministrar energía a diversos circuitos de un mismo sistema hidráulico; sin embargo existen otras aplicaciones para las bombas dobles o múltiples en las que el caudal de la segunda bomba pasa directamente a la primera.

BOMBAS ESPECIALES UTILIZADAS EN AVIACION

En los circuitos hidráulicos utilizados en la aviación para distribuir la presión a diferentes puntos donde necesitamos la energía hidráulica, se utilizan tres tipos de bombas especiales, pertenecientes a diferentes grupos. Estas bombas son:

- Bomba stratapower de insuficiencia de entrada
- Bomba stratapower de demanda
- Bomba Vickers de reducción de recorrido.

Estas bombas tienen un diseño especial, pero su principio de funcionamiento es el mismo de las bombas que se utilizan en circuitos hidráulicos normales. Estas bombas deben tener un alto rendimiento tanto volumétrico como mecánico y por lo tanto total.

Bomba stratapower de insuficiencia de entrada

Esta bomba es movida por el motor del avión o por un motor eléctrico acoplado mediante estrías al eje impulsor del avión. En su mecanismo interior el eje(E) hace girar la leva(D) lo cual hace que los pistones de resorte(G) se muevan hacia atrás y hacia adelante en sus respectivos cilindros dentro del bloque fijo. Los

pistones como los de la bomba de pistón de volumen constante. Los discos de fricciones(F) colocados uno a cada lado de la leva(D) permiten que la leva funcione a una temperatura determinada, más baja y más uniforme. Por cada revolución de la leva, es liberado cada pistón dentro del bloque del cilindro. Los pistones se mantienen en contacto con el disco de fricciones mediante resortes y también regresan los pistones después de cada recorrido hacia adelante.

Fig. 19. Bomba stratapower de insuficiencia de admisión.

El rendimiento volumétrico de esta bomba es bastante constante, y para poderlo variar se debe limitar el volumen de fluido tomado por la bomba a medida que aumenta la presión.

Bomba stratapower de demanda

Hay unas cuantas diferencias estructurales que se pueden ver entre estas bombas y las de tipo insuficiencia de admisión. Las partes giratorias que son el eje impulsor(J) la leva y los discos de fricción(H) son casi iguales. Sin embargo, los pistones(A) tienen centros huecos bastante grandes que están conectados con orificios abiertos de una parte a otra. Además, cada pistón tiene una manga(B) alrededor del mismo. Las magas están fijadas una estrella(C) que esta unida al compensador(D) también conocida como válvula de control de volumen; si se aumenta la presión el compensador se mueve hacia la derecha y si se disminuye, la unidad viaja hacia la izquierda por la tensión del resorte de la válvula.

Fig. 20. Bomba stratapower de demanda

Otra diferencia es que el orificio de retorno esta en el extremo impulsor de la bomba en vez de estarlo en la cabeza.

A medida que se eleva la presión en la tubería, el fluido que fluye por el conducto(G) actúa sobre el pistón del compensador, forzándolo hacia la derecha y llevando consigo la estrella y las mangas (C) y (B). La rotación de la leva produce una acción de bombeo centrífugo al halar fluido a través de la bomba para enfriamiento y lubricación.

La graduación máxima del compensador se ajusta girando hacia la derecha el tornillo (F) para aumentar la presión y hacia la izquierda para disminuirla.

Bomba Vickers de reducción de recorrido

La bomba de reducción de recorrido tiene básicamente las mismas piezas que la bomba de volumen constante.

Fig. 21. Bomba Vickers de reducción de recorrido

El eje impulsor(A) los pistones(N) y el bloque del cilindro(D), giran. La diferencia principal entre esta bomba y la de volumen constante es que el ángulo entre el eje impulsor y el bloque del cilindro varia automáticamente, mientras que en la bomba de volumen constante el ángulo es fijo.

Una horquilla(C) contiene el bloque del cilindro y gira al rededor de unas clavijas de entrada y salida (O). Antes de que las bombas eleven presión alguna, la horquilla es sostenida en la posición de flujo total por el resorte que hay en el pistón de control de presión(L). Cuando la presión de salida esta graduada a un máximo predeterminado, el pistón de control se mueve y hace girar la horquilla. Existe también una válvula interna de desahogo, que protege la bomba en caso de que falle la válvula de control de presión..

CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO Y DE SELECCIÓN DE LA BOMBA.

Características de rendimiento de la bomba

El Aumento de carga real ganado por el fluido a través de una bomba se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

Donde 1 y 2 son las secciones de entrada y de salida de la bomba. El aumento de carga real ganado por el fluido a través de una bomba se puede determinar mediante un arreglo experimental que se muestra en la figura **"disposición experimental característica para determinar el aumento de carga ganado por un fluido que circula a través de una bomba"**.

La potencia ganada por el fluido esta dada por:

y esta cantidad, expresada en términos de caballos de potencia tradicionalmente se denomina fuerza o potencia hidráulica

Además de la carga o potencia agregada al fluido, la eficiencia total esta dada por:

Donde el denominador representa la potencia total aplicada al eje de la bomba y a menudo se denomina potencia al freno. La eficiencia total de la bomba es afectada por las perdidas hidráulicas en la bomba y además por las perdidas mecánicas en los cojinetes y los sellos. También puede haber algo de perdida de potencia debido a fuga del liquido entre la superficie trasera de la placa del cubo del impulsor y la caja, o a través de otros componentes de la bomba. Las características de rendimiento para una geometría y velocidad de operación de una bomba dadas se proporcionan en forma de gráficas de carga, eficiencia y potencia al freno contra el caudal como se muestra en la gráfica **"características de operación para una bomba centrífuga de tamaño dado que opera a condiciones constantes de velocidad del impulsor."**

Como se muestra en dicha gráfica la eficiencia es función del caudal y alcanza un valor máximo en un valor particular del caudal, comúnmente denominado caudal de diseño o capacidad de la bomba. Los puntos sobre las diversas curvas correspondientes a la eficiencia máxima se denotan como puntos de mejor eficiencia (PME).

Carga de Aspiración neta positiva (CANP)

Sobre el lado de aspiración de una bomba es común que haya bajas presiones, con la posibilidad concomitante de que dentro de la bomba ocurra cavitación. La cavitación ocurre cuando la presión del fluido en un punto dado es menor que la presión del vapor del liquido. Cuando ocurre esto se forman burbujas de vapor y este fenómeno puede provocar una reducción de la eficiencia, así como un daño estructural de la bomba. Para caracterizar el potencial de cavitación se usan la diferencia entre la carga total sobre el lado de aspiración, cerca de la entrada del impulsor de la bomba y la carga de presión de vapor del liquido.

La CANP se define como:

Una curva CANP se muestra en la gráfica **"curvas de rendimiento para una bomba centrífuga de dos etapas que opera a 3500 r.p.m. Datos para tres diámetros diferentes del impulsor"**.

En realidad existen dos valores de CANP, el primero es la CANP requerida la cual es necesario mantener o exceder de modo que no ocurra cavitación. Debido a que en el ojo del impulsor se desarrollan presiones inferiores a las del tubo de aspiración, suele ser necesario determinar experimentalmente para una bomba dada la CANP requerida; el segundo valor de la CANP es la disponible que representa la carga que realmente ocurre para el sistema de flujo particular. El valor de la CANP disponible esta dado por:

Para este calculo se utilizan normalmente presiones absolutas debido a que la presión de vapor se especifica

como una presión absoluta. Con base en la ecuación anterior se observa que a medida que aumenta la altura del impulsor de la bomba por arriba de la superficie del fluido, la CANP disponible disminuye. Por consiguiente existe algún valor crítico de Z por arriba del cual la bomba no puede operar sin que ocurra cavitación.

Características del sistema y selección de la bomba

Cada sistema de flujo posee su propia ecuación del sistema específica. Si el flujo es laminar las pérdidas por fricción son proporcionales a Q más que a Q^2 .

La ecuación de un sistema donde hay una bomba esta dada por:

Donde h_p es la carga real ganada por el fluido debido a la bomba y la sumatoria representa todas las pérdidas por fricción en tubería y pérdidas menores que ocurren en los accesorios y válvulas de la misma.

A efecto de elegir una bomba para una aplicación particular es necesario utilizar la curva del sistema, según es determinada por la ecuación del sistema y la curva de eficiencia de la bomba. Si ambas curvas se trazan sobre la misma gráfica como se muestra en la gráfica **"Utilización de la curva del sistema y la curva de rendimiento de la bomba para obtener el punto de operación del sistema"**. Su intersección (punto A) representa el punto de operación del sistema. Es decir, este punto proporciona la carga y el caudal que satisfacen tanto la ecuación del sistema como la ecuación de la bomba. Idealmente se espera que el punto de operación esté próximo al mejor punto de eficiencia (MPE) de la bomba.

Las bombas se pueden disponer en serie o en paralelo a fin de obtener carga o capacidad de flujo adicionales. Cuando dos bombas se colocan en serie, la curva de eficiencia de la bomba resultante se obtiene al sumar las cargas del mismo caudal; y para dos bombas idénticas en paralelo, la curva de eficiencia combinada se obtiene al sumar los caudales a la misma carga.

PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO, POSIBLES CAUSAS Y SOLUCIONES.

Es normal, como todos los elementos mecánicos que encontremos ciertas fallas en el sistema debido a un mal funcionamiento de la bomba. Las tablas presentadas a continuación nos representan una información básica para determinar el daño y las posibles soluciones que les podemos dar a la bomba en caso de un daño repentino.

BIBLIOGRAFIA

- OÑATE, Esteban. "Energía hidráulica" Ed. Paraninfo, Madrid 1992
- FUERZA AEREA COLOMBIANA. "Manual de sistemas de aviación". Cali 1990
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. "Airframe and powerplant mechanics, Airframe handbook". FAA, Oklahoma 1979.
- POTTER, Merle. "Mecánica de Fluidos". Ed. Prentice Hall. México 1998
- OKISHI. "Mecánica de Fluidos". Ed Mc Graw Hill. Barcelona 1999.
- ROCA, Felip, "Oleohidráulica Básica". Ed. Alfaomega. Barcelona 1999.
- Internet.

$$\eta_v = Q_{real} / Q_{teorico}$$

$$\eta_{total} = \eta_{volumetrico} \cdot \eta_{mecanico}$$

CAUDAL TEORICO DE LAS BOMBAS

Bombas de engranajes externos : $Q_t = ((2\pi)/60) * m * b * n * \phi$

Bombas de engranajes internos :

Bombas de paletas fijas : $Q_t = ((2\pi)/60) * f * b * n$

Bomba de paletas Compensadas :

Bombas de paletas no

Compensadas : $Q_t = ((2\pi)/60) * b * n * [\pi * (R^2 - v^2) - (R - v) * w * z]$

Bombas de pistones radiales :

Bombas de pistones axiales : $Q_t = ((2\pi)/60) * n * f * h^2$

Bombas de pistones oscilantes :

$$h_a = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$P_f = \gamma Q h_a$$

$$\eta = \frac{P_f}{W_{efe}} = \frac{\gamma Q h_a / 550}{P_f}$$

$$CANP = \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

$$CANP_D = \frac{P_{atm}}{\gamma} - z_1 - h_l - \frac{P_v}{\gamma}$$

$$h_p = z_2 - z_1 + KQ^2$$

•