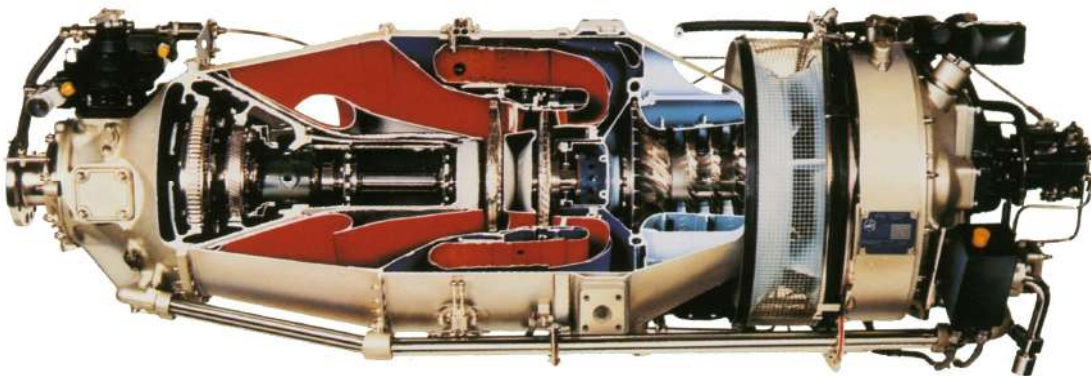


PT6

CURSO DESCRIPTIVO

Y

GUÍA DE CAZA FALLAS



Entrenamiento para técnicos de motores PT6 y enfocado en problemas de fallas en el campo

- **Descripción** de los módulos del motor: *Compresor, Sección Caliente, Sección de Potencia, Caja de Accesorios y Caja Reductora*
- **Sistemas** de Combustible, Aire, Aceite y Eléctrico
- **Integración** de todos los Sistemas

Curso ofrecido por:



UNITED TURBINE

¡Mantenemos su PT6 volando!



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

REFERENCIAS POSICIONALES

Los términos izquierda, derecha, sentido de las agujas del reloj, contrasentido de las agujas del reloj, arriba, abajo y referencias similares se toman mirando al motor desde atrás, en una posición horizontal, con la caja de accesorios enfrente del observador. Cuando los componentes se mencionan en dirección circunferencial, la posición No.1 es como la de un reloj a las 12 en punto o en la primera posición en el sentido de rotación de las agujas del reloj, hacia la derecha. Las siguientes posiciones aumentan en secuencia, a derechas, igualmente visto desde atrás.

En la serie Twin-Pac las mismas referencias posiccionales se toman mirando el motor desde la caja combinada, en la dirección del eje de salida.

DESCRIPCIÓN DEL MOTOR

El PT6 es un motor de turbina libre y de pequeño tamaño y peso. La relación de compresión del compresor varía de 6.3:1 a 12.0:1 según el modelo de motor. La potencia generada varía de 400 a 1700 SHP también según modelo. El motor utiliza dos secciones de turbina independientes: una es la turbina que mueve el compresor (C/T) y la otra la turbina de potencia (P/T) que a través de la caja reductora mueve la hélice. Esta última es de dos etapas a partir del modelo -41. El motor es autosuficiente ya que el sistema de lubricación movido desde la caja de accesorios provee presión de aceite para el torquímetro y potencia para el control del ángulo de la hélice.

El aire entra por la parte trasera del motor a través de una cámara anular (inlet case) y desde ahí entra en el compresor. Este consta de tres etapas axiales (cuatro a partir de la serie -65) y de una etapa centrífuga todo ensamblado y formando una unidad integral.

Los álabes en su movimiento rotativo le transmiten al aire energía en forma de velocidad. Detrás de cada rueda de álabes se encuentra una etapa de álabes fijos cuya función es la de transformar esa energía cinética en presión. Cada álabe está diseñado para que en el régimen de potencia se produzca una acumulación de energía sostenida desde la primera etapa a la tercera (o cuarta). La presencia de daños en los álabes por FOD es muy perjudicial para una buena compresión.

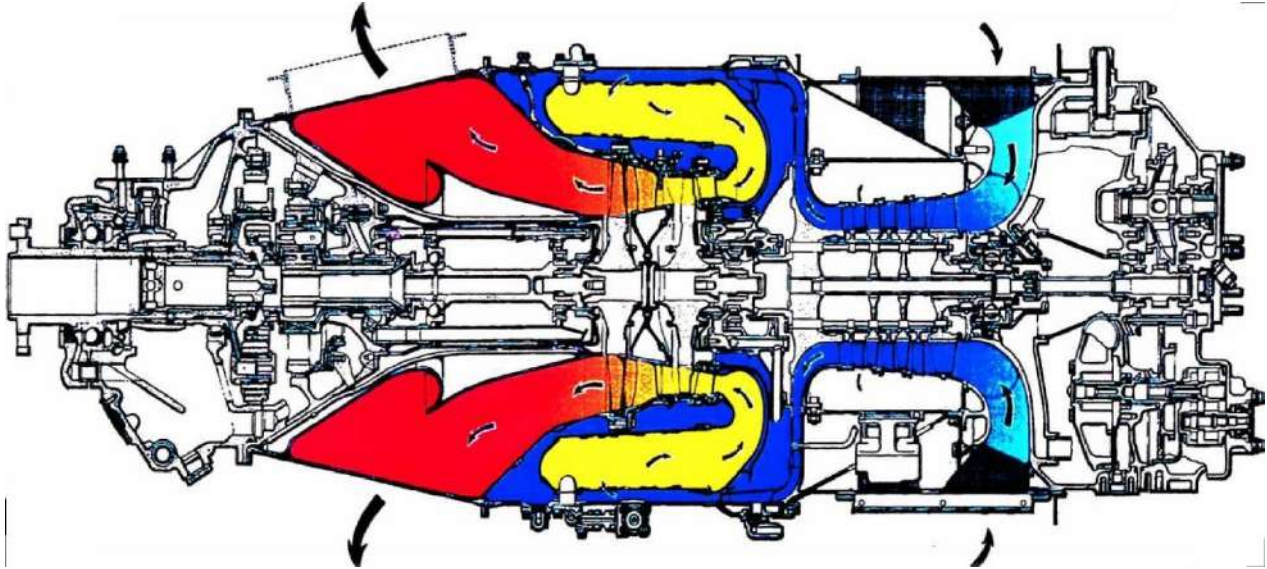
La última etapa de compresión es de tipo centrífuga (impeller) la cual aumenta la velocidad del aire considerablemente. El aire a alta velocidad entra en tubos difusores donde gira 90 grados y se remansa, transformando la velocidad en alta presión. Esta es la presión existente alrededor de la cámara de combustión y llamada P3. La división P3/Pamb es la que nos da la relación de compresión.

La cámara de combustión es de construcción anular, con agujeros de distintos tamaños y configuraciones para obtener: combustión primaria, difusión de temperatura y refrigeración de las paredes de la cámara. El diseño de la cámara consigue, tras la combustión, mantener a través de ella la presión de los gases mientras se



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

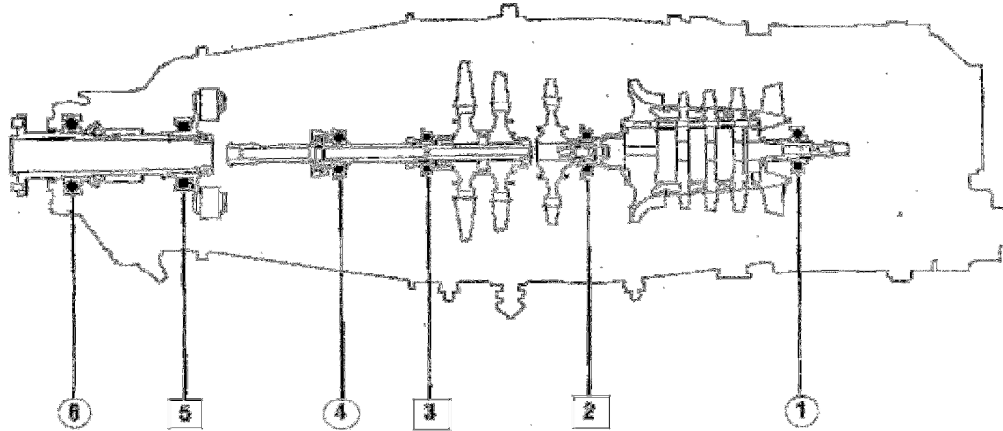
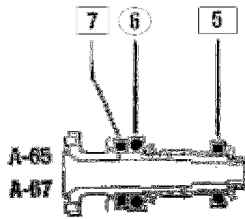


FLUJO DEL AIRE

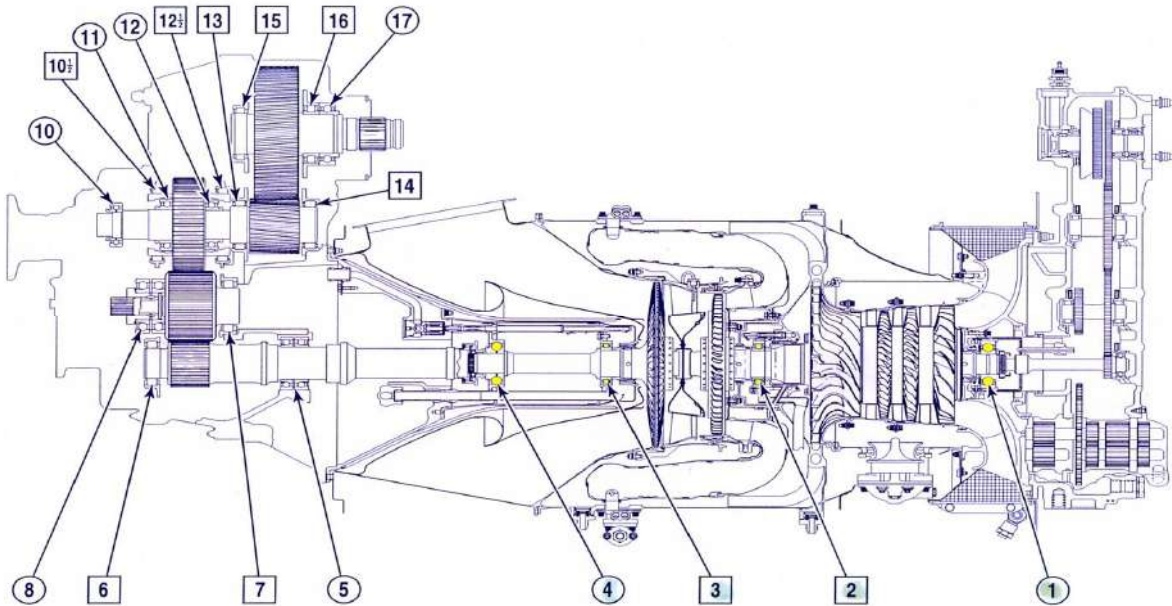


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



BEARINGS

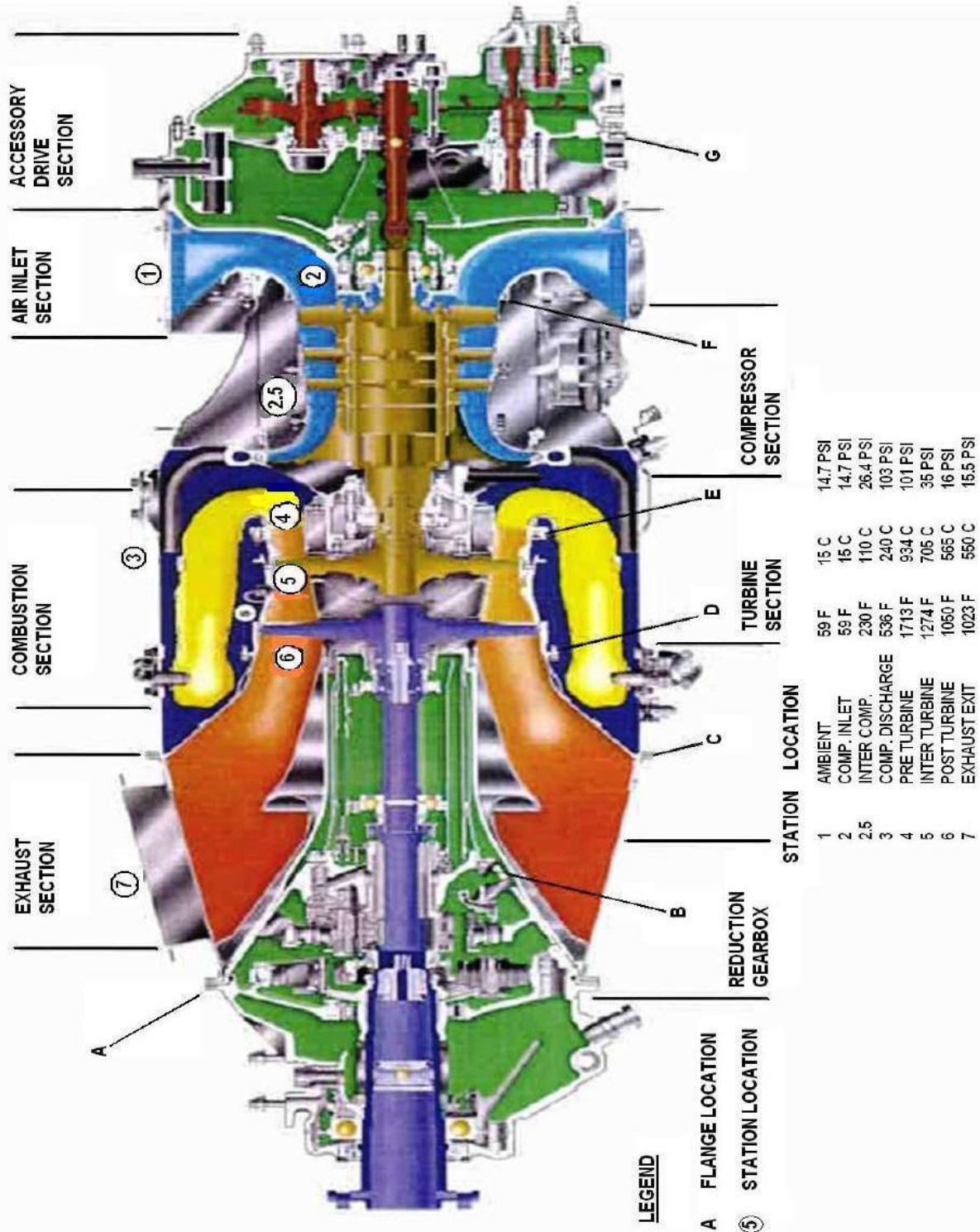


BEARINGS



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

expanden y aumenta su temperatura. Los gases en la cámara de combustión y ductos de salida cambian de dirección 180 grados antes de entrar en la turbina. La posición de la cámara, alrededor de la turbina elimina la necesidad de un eje largo entre el compresor y la turbina del compresor, reduciendo así la longitud del motor y su peso.

El combustible se introduce a través de 14 inyectores localizados circunferencialmente. La combustión es continua y para el arranque esta se inicia con dos bujías.

Los gases resultantes de la combustión giran 180 grados a través del espacio formado por el conducto de salida grande y el conducto de salida pequeño (large y small exit ducts), entrando en una etapa estator de álabes guía (C/T vane ring) que dirigen y expanden los gases con un ángulo correcto hacia los álabes de la turbina del compresor haciéndola girar, lo cual hace también girar al compresor, reabasteciendo de aire a alta presión la cámara de combustión.

La energía remanente de los gases se termina por extraer en la turbina libre de potencia, la cual a través de una caja reductora de dos etapas planetarias convierte la alta velocidad de la turbina en fuerza de torsión para mover la hélice. Parte integral de la primera etapa reductora es el torquímetro, el cual provee una indicación proporcional de la potencia del motor.

En la serie Twin-Pac la energía de la turbina de potencia se extrae a través

de una caja reductora combinada, la cual recibe la potencia de ambas secciones de potencia y la exterioriza a través de un eje común. La caja combinada reduce a través de engranajes y piñones y en ellos se integra el torquímetro y el embrague.

Los gases salen al exterior a través del conducto de salida (exhaust duct) el cual tiene una o dos ramificaciones, dependiendo del modelo de motor. Estos gases proveen a su salida un empuje adicional de unos 50 kilos debido a su energía remanente. Diseño aerodinámico de los tubos de salida han producido considerable ganancia de velocidad y disminución de los consumos de combustible en algunas instalaciones.

La temperatura usada como referencia en los PT6 es la llamada T5 que se toma de la zona inmediatamente anterior a la turbina de potencia y consta de 8 ó 10 sensores de Cromel/Alumel (termopares) unidos en paralelo a través del "bus bar" y con salida al exterior a través de un cable blindado (wiring harness) con conexión para la instrumentación en la cabina del piloto.

Todos los accesorios, excepto los gobernadores de la hélice y el tacómetro generador de la turbina de potencia, están montados en la caja de accesorios, en la parte trasera del motor. El movimiento lo reciben del compresor a través de un eje que pasa por un tubo cónico por el centro del tanque de aceite. Esta localización hace que el mantenimiento sea más sencillo y que el motor sea más limpio. La serie



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

Twin-Pac tiene en la caja combinada un Torque Control, dos Gobernadores para las turbinas de potencia y dos Tacómetros Generadores para la indicación de ambas revoluciones.

El aceite para la lubricación y enfriamiento de cojinetes y engranajes esta contenido en una cámara formada en la parte posterior del inlet case de 2.3 Galones y tiene una varilla de verificación de nivel y un tapón de drenado. En el Twin-Pac el tanque de la sección de potencia es de 1.6 Galones y el de la caja combinada 1.25 Galones.

El combustible se provee al motor desde un tanque externo, presurizado por una bomba movida por el motor y regulado por el FCU, unidad reguladora del combustible montada sobre la misma bomba. La serie Twin-Pac tiene un Fuel Control Automático y otro Manual.

SUMARIO DE MODELOS DE MOTORES PT6

1. PT6A-6

Primer motor PT6 certificado, sin reversible. 550 SHP a 2200 rpm hélice. Tenía el sistema de indicación de temperatura T4 a la entrada de la turbina del compresor.

2. PT6A-6A

Igual que el -6 pero con el sistema de hélice reversible.

3. PT6A-6B

Igual al -6 pero con el sistema de hélice reversible del -20.

4. PT6A-6/C-20

Numero limitado de -6 convertidos durante overhaul a -20. Se actualizó con la incorporación del sistema T5.

5. PT6A-20

550 SHP a 2200 rpm hélice. Incorpora el sistema de indicación de temperatura del motor T5 y estator de la turbina de potencia de una sola pieza.

6. PT6A-20A

Igual que el -20 pero con el ducto de salida como el -27 y gobernador de hélice igual al -27.

7. PT6A-20B

Igual que -20A pero con el sistema de reversible del -20. Usado en los aviones Pilatus.

8. PT6A-27

Derivado del -20 con tubos difusores, engranajes de reducción finos, estator de la turbina del compresor (C/T vane ing) de una sola pieza, etc. 680 SHP a 2200 rpm hélice.

9. PT6A-28

Idéntico al -27 pero para uso en aviones presurizados como el King Air E-90, -100, A100 y Piper Cheyenne II. 680 SHP a 2200 rpm hélice.

10. PT6A-29

Muy parecido al -27 pero dando 750 SHP. Usado únicamente por el US Army.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

11. PT6A-21

Mecánicamente igual que el -27 pero utiliza los engranajes de reducción como el -20 (gruesos) y tiene una sola línea de combustible. 550 SHP a 2200 rpm hélice.

12. PT6A-25

Mecánicamente igual al -21 pero con modificaciones requeridas para el vuelo invertido. Utilizado por el US Navy en los aviones de entrenamiento T-34. 550 SHP a 2200 rpm hélice.

13. PT6A-25A

Mecánicamente idéntico al -25 excepto por modificaciones en la caja reductora frontal, sistema de control de torque con distinto ajuste y sin reversa. Utilizado en los aviones de entrenamiento Pilatus PC-7.

14. PT6A-25C

Introduce una sección caliente similar a los motores -34 pero modificado para ejecutar vuelo invertido. Lo utilizan los aviones de entrenamiento Tucano.

15. PT6A-11

Primer modelo de la serie -10 que entró en producción. Básicamente es un -27 con la caja reductora de un -20. 500 SHP a 2200 rpm hélice.

16. PT6A-11AG

Igual al -11 pero con protección adicional para la corrosión y diseño especial para uso en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel.

17. PT6A-110

Igual al -10 (no certificado) excepto por caja reductora de menor velocidad. 475 SHP a 1900 rpm hélice.

18. PT6A-112

Similar al -11 pero con 1900 rpm hélice a 500 SHP.

19. PT6A-15AG

Termodinámicamente y mecánicamente idéntico al -27 pero con la incorporación de protección para la corrosión y diseño especial para el uso en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel. 680 SHP a 2200 rpm hélice.

20. PT6A-34

Idéntico al -27 pero incorporando la sección caliente refrigerada por aire, similar al PT6T-3. 750 SHP a 2200 rpm hélice.

21. PT6A-34AG

Igual al -34 pero incorporando protección para la corrosión y usado en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel.

22. PT6A-34B

Igual que el -34 pero con carcasas de aluminio en lugar de magnesio. Usado en los Beech T-44A de la US Navy.

23. PT6A-36

Igual al -34 pero con una sola línea de combustible. Da la misma potencia hasta los 36 C. Usado en los aviones Beech C-90. y C-99.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

24. PT6A-114

Similar al -34 pero con 600 SHP a 1900 rpm hélice y con una sola salida en el exhaust en la posición de las 5 del reloj. Se utiliza en el monomotor Caravan.

25. PT6A-114A

Como el -114 pero con mayor potencia 675 SHP a 1900 rpm hélice.

26. PT6A-135

Similar al -34 pero con álabes de la sección caliente como un -41 y menor velocidad de hélice. 750 SHP a 1900 rpm hélice.

27. PT6A-135A

Similar al -34 pero con álabes de la sección caliente como un -41 y menor velocidad de hélice. 750 SHP a 1900 rpm hélice.

28. PT6A-41

Motor de nueva tecnología con turbina de potencia de dos etapas y un compresor más grande. C/T vane ring refrigerado por aire. El motor tiene 4 montantes. 850 SHP a 2000 rpm hélice.

29. PT6A-41AG

Igual al -41 pero con protección para la corrosión y diseño especial para uso en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel.

30. PT6A-38

Mecánicamente idéntico al -41 pero con el C/T vane ring sin refrigeración por aire. 750 SHP a 2000 rpm hélice.

31. PT6A-42

Igual al -41 pero con mejoras en el compresor que dan un 10% de aumento en parámetro en crucero.

32. PT6A-42A

Igual al -41, 850 SHP a 2000 rpm hélice.

33. PT6A-45A

Muy parecido al -41 pero usando mas reducción en la hélice. 1173 SHP a 1700 rpm hélice. Usado en aviones Short SD3-30.

34. PT6A-45B

Igual al -45A pero con inyección de agua para mejorar el rendimiento termodinámico.

35. PT6A-45R

Igual al -45A pero con inyección de agua para mejorar el rendimiento termodinámico.

36. PT6A-50

Parecido al -45A pero con una caja reductora de más reducción, montantes al avión en las partes trasera y delantera y ducto de salida con un solo tubo. 1120 SHP a 1210 rpm hélice. Usado en aviones DHC-7 STOLL Airliner.

37. PT6A-60A

Mismo compresor que el -42 pero la sección caliente y la sección de turbina son como la serie -65. 1050 SHP (1173 /1400 SHP) a 1700 rpm hélice. Usado en aviones King Air 300 y 350.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

38. PT6A-60AG

Igual que el -60A pero incorporando protección para la corrosión y usado en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel.

39. PT6A-61, -61A

Similar al -60A pero limitado a 850 SHP o 950 SHP según el BS y un gearbox como el -41 a 2000 rpm hélice.

40. PT6A-62

Similar al -61 con potencia de 950 SHP a 2000 rpm hélice. Usado en el Pilatus PC-9

41. PT6A-64

Similar al -66 pero con menor potencia 700 SHP at 2000 rpm.

42. PT6A-65B

Introducción de nueva tecnología siguiendo la línea del -45. El compresor tiene 4 etapas axiales y una centrífuga. La válvula de sangrado inyecta el aire en la entrada del compresor. La cámara de combustión es de dos piezas. El FCU pasa a ser de Woodward. 1173 SHP a 1700 rpm hélice. Utilizado en los Beech 1900.

43. PT6A-65R

Similar al -65A pero con potencia de reserva para alcanzar los 1327 SHP.

44. PT6A-65AR

Similar al -65B pero con potencia de reserva para alcanzar los 1424 SHP. Usado en los Short 360.

45. PT6A-65AG

Similar al -65B pero incorporando protección para la corrosión y usado en aviones de fumigación. Certificado para uso ilimitado con diesel.

46. PT6A-66, A, B, D

Similares a los -65B pero con 850 o 950 SHP y un gearbox como el -41 a 2000 rpm hélice. Se puede mantener como tres módulos.

47. PT6A-67

Similar a los -65 con 1400 SHP 1700 rpm hélice.

48. PT6A-67A

Desarrolla 1400 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice.

49. PT6A-67B

Desarrolla 1450 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice. Usado en el Pilatus PC-12.

50. PT6A-67AF

Desarrolla 1424 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice

51. PT6A-67AG

Desarrolla 1424 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice. Incorpora protección para la corrosión y usado en aviones de fumigación. Certificado para uso con diesel.

52. PT6A-67R

Desarrolla 1424 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice.

53. PT6A-67T

Desarrolla 1424 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

54. PT6A-67D

Desarrolla 1450 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice.

55. PT6A-67P

Desarrolla 1450 test/1300 SHP a 1700 rpm hélice.

56. PT6A-67F

Nuevo diseño con 1700 SHP at 1700 rpm hélice. Usado en los Air Tractor 802.

57. PT6A-68

Motor de 1250 SHP a 2000 rpm hélice. Usado en el Texan II.

58. PT6A-68B

Motor de 1600 SHP a 2000 rpm hélice. Usado en el Pilatus PC-21

59. PT6A-68C

Motor de 1600 SHP a 2000 rpm hélice. Usado en el Super Tucano.

60. PT6B-9 (Turboshaft)

Parecido al -6 pero con una sola etapa de reducción. Muy poca producción y usados solamente en helicópteros de la Lockheed.

61. PT6B-36A, -36B (Turboshaft)

981 SHP a 6409 rpm eje, con 2 ½ y 30 minutos OEI a 1033 SHP.

62. PT6B-37A (Turboshaft)

Derivado del -34 pero con una sola etapa de reducción. 900 SHP a 4373 rpm eje. Usado en el Augusta Westland Koala

63. PT6B-67A (Turboshaft)

Derivado del A-67 pero con una

sola etapa de reducción. 1697 SHP a 5915 rpm eje. Usados en el helicóptero AVIC Changhe Aviation.

64. PT6C-67C (Turboshaft)

Derivado del -67. Usado por el helicóptero Augusta Westland AW139 con 1100 SHP a 21000 rpm eje.

65. PT6C-67D (Turboshaft)

1183 SHP a 21200 rpm eje.

66. PT6C-67E (Turboshaft)

Similar a los dos anteriores.

67. PT6D-114A (Turboshaft)

Basado en un PT6A-114A pero sin la segunda etapa de reducción.

68. PT6T-3 (Turboshaft)

Twin Pack, combina la potencia de dos secciones de potencia a través de una caja reductora combinada dando el conjunto 1800 SHP y 6600 rpm eje. Usado en el Bell 212/412 y Sikorsky S58T

69. PT6T-3A (Turboshaft)

Similar a un T-3 pero con la caja de reducción de aluminio en lugar de magnesio. Ya no se usan.

70. PT6T-3B (Turboshaft)

Similar a un T-3 pero con componentes de la sección caliente mejorados como en el T-6. Produce 1800 SHP a 6600 rpm eje. Puede operar bajo emergencia con una sola sección de potencia a 970 SHP por 30 minutos y a 1025 SHP por 2 ½ minutos. Usado en el Bell 212/412.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

- 71. PT6T-3BE** (Turboshaft)
Igual que el PT6T-3B pero sin la función del torque control en el G/B. Usado en el Bell 212/412.
- 72. PT6T-3BF** (Turboshaft)
Similar al PT6T-3B, excepto que la potencia de los 2½ y 30 minutos con un motor inoperativo (OEI) es 1025. Usado en el Bell 212/412.
- 73. PT6T-3BG** (Turboshaft)
Similar al PT6T-3BF pero sin la función del torque control. Usado en el Bell 212/412.
- 74. PT6T-6** (Turboshaft)
Derivado del T-3 pero con mas potencia, 1875 SHP a 6600 rpm eje. Puede operar bajo emergencia con una sola sección de potencia a 970 SHP por 30 minutos y a 1025 SHP por 2 ½ minutos.
- 75. PT6T-6B** (Turboshaft)
Igual que el PT6T-6 pero sin la función del torque control.
- 76. PT6T-3D** (Turboshaft)
Similar al -3B pero con la sección caliente mejorada., Produce 1800 SHP a 6600 rpm eje. En condiciones OEI produce 1024 SHP continuo and 1133 por 2 ½ minutos.
- 77. PT6T-3DE** (Turboshaft)
Igual que el -3D excepto que en condiciones OEI produce 1079 SHP continuo and 1133 por 2 ½ minutos.
- 78. PT6T-3DF** (Turboshaft)
Igual que el PT6T-3DE pero con la sección caliente mejorada para dar mayor potencia.
- 79. PT6T-9** (Turboshaft)
Similar al PT6T-3DF excepto por mejoras en la sección caliente y un sistema de control electrónico. Usado en el Bell 412 EPI.
- 80. T74-CP-700**
Version militar del PT6A-20
- 81. T74-CP-701**
Version militar del PT6A-27.
- 82. T74-CP-702**
Version militar del PT6A-29.
- 83. T400-CP-400** (Turboshaft)
Version militar del T-3 utilizado en el UH-1N y AH-1J
- 84. T400-CP-401** (Turboshaft)
Version militar del T-3 utilizado en el VH-1N variante del UH-1N
- 85. T400-WV-401** (Turboshaft)
Similar al T400-CP-400 pero con características de un T-3 por requerimientos de certificación civil.
- 86. T400-WV-402** (Turboshaft)
Version militar del T-6 utilizado en el UH-1N y AH-1J



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

DESCRIPCIÓN DEL MOTOR

GENERAL

Las descripciones en este manual se basan en un motor PT6 genérico. Se van a mencionar las características mas sobresalientes de todos los motores aunque para realizar trabajos en los motores se deben utilizar los manuales de Pratt & Whitney.

CARCASA DE ENTRADA DE AIRE AL COMPRESOR (INLET CASE)

Esta carcasa (compressor inlet case) es una pieza de fundición de aluminio circular y forma por su parte delantera la cámara de entrada de aire al compresor. Una malla metálica alrededor de la entrada de aire previene que partículas extrañas puedan entrar en el compresor. En su parte trasera forma la cámara del tanque de aceite, con pasajes para el aceite, a presión y para el de recuperación. Tiene en el fondo un tapón de drenado de aceite asegurado con un pasador.

En la parte inferior del tanque se encuentra la bomba de alimentación de aceite sujeta al diafragma de la caja de accesorios con cuatro tornillos. La bomba tiene una válvula reguladora de presión para el ajuste de la misma. En su mano derecha tiene el alojamiento de la carcasa del filtro la cual incorpora una válvula unidireccional y otra de derivación (bypass).

En el centro de la carcasa se encuentra el alojamiento del cojinete No.1 y su sello de laberinto. La lubricación del cojinete la provee un inyector atornillado a la carcasa y recibe el aceite de pasajes internos en la misma. Un tubo cónico, con empaques a

ambos lados, conecta la zona del cojinete con la caja de accesorios, dejando pasar por su centro un eje el cual da movimiento a los engranajes de la caja de accesorios, incluyendo al del motor de arranque/generador el cual inicia la rotación del motor hasta que se produce la ignición y el compresor se vuelve autosuficiente.

ROTOR Y ESTATOR DEL COMPRESOR

Estas dos partes integrantes del compresor se componen de tres etapas (cuatro en los motores de la serie -65) teniendo cada una un rotor con álabes, un espaciador y una fila de álabes fijos o estator. Al final se encuentra una etapa de compresor centrífugo. La primera etapa de álabes, de cuerda ancha, suelen ser de titanio para que resistan mejor los impactos de FOD, mientras que las siguientes son de acero inoxidable y de igual perfil. Los álabes entran en unas ranuras en los discos y debido al juego existente produce el cliking característico al girar el compresor lentamente. Algunos motores tienen los álabes y el disco de una sola pieza. La longitud de los álabes decrece paulatinamente disminuyendo el paso del aire. Como la velocidad axial del aire se mantiene, el resultado es un aumento en la compresión del mismo.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

En los motores -27 los estatores primero y segundo tienen 44 álabes y el tercero 40. Los álabes fijos se mantienen en su lugar entrando por ranuras en un aro circular y sujetos con plata fundida. Los tres aros forman a su vez el tubo por el que circula el aire y están atornillados entre si y con la guía del compresor centrífugo. Tienen retenes que evitan un movimiento circular entre ellos. El impelente centrífugo recibe por su parte frontal un eje (stubshaft) que es el soporte del cojinete No.2 y tiene estrías por donde se conecta con el disco de la turbina del compresor (C/T Disk). El conjunto rotativo formado por el stubshaft, impelente y alternadamente tres espaciadores y tres discos, se encuentra firmemente unido por medio de 6 tornillos pasantes (tie rods). A la hora de ensamblar hay que ir montando una a una cada etapa, incluyendo la etapa estatora entre cada una de las etapas rotoras.

El disco número uno del compresor tiene una extensión hacia atrás que entra en el cojinete No.1. Este disco con la extensión recibe el nombre de Hub.

El conjunto estator se sujeta y alinea con el resto del motor por su parte trasera con el inlet case y en la trasera con el gas generator (sujeto con un aro reten, o tornillos según modelo). El rotor, concéntrico con el estator y con el resto del motor, se sujeta radialmente y axialmente en su parte trasera con el cojinete No.1, de esferas, y por la parte delantera se fija radialmente con el cojinete No.2, de rodillos, lo que le

permite movimiento axial, permitiendo la expansión térmica de la masa del rotor.

Un eje de acero hueco y estriado internamente en su extremo une el rotor del compresor por el lado del hub con el engranaje de entrada. Este eje tiene un retén con esfera en su parte delantera para evitar empujar los cojinetes de rodillos del mismo.

GAS GENERATOR

La carcasa del generador de gases es una estructura simple que aloja en su parte trasera al compresor y en la delantera la sección de combustión. En el diafragma central se aloja el cojinete No.2. La transición del compresor a la sección de combustión se realiza a través de 21 tubos difusores los cuales deceleran en aire saliendo del compresor centrífugo al tiempo que aumenta la presión estática alrededor de la cámara de combustión, presión llamada P3. El gas generator se une por su parte trasera a través de la pestaña "F" a la carcasa de entrada de aire al compresor.

La sección trasera del gas generator tiene una salida lateral para alojar la válvula de sangrado del aire del compresor. En el costado lateral del generador de gas hay una salida de aire P3 para la presurización de la cabina del avión. El cojinete No.2 con dos sellos de laberinto, esta situado en el centro del diafragma. El sello frontal, que es el de la sección caliente, esta atornillado al diafragma mientras que el sello trasero, el del lado del compresor, esta asegurado al diafragma por medio de aro reten. El generador de gas tiene en su sección delantera 14 agujeros



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

para los inyectores de combustible. También presenta dos agujeros mas en la posición 6 del reloj para las válvulas de drenado. En las posiciones del reloj 4 y 9 se encuentran dos agujeros roscados para las bujías, las cuales entran en la cámara de combustión para causar la ignición de la mezcla de aire y combustible. El motor se monta en el avión a través de 3 o 4 montantes flexibles que se atornillan en la circunferencia exterior del gas generator.

CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y CONDUCTOS DE SALIDA

La cámara de combustión es de flujo reverso y consiste primariamente de una cámara anular de aleación resistente al calor y abierta por un lado. Una serie de agujeros, atravesando la chapa libremente o a través de doble pared son diseñados para que provean la mejor mezcla de aire/combustible durante el arranque y durante la combustión sostenida. La dirección del aire se controla a través de aros de enfriamiento (cooling ring) que protegen las paredes de la cámara de la alta temperatura interna. Otras perforaciones de mayor diámetro aseguran que la temperatura de los gases sea homogénea y apropiada a la entrada de la turbina. La parte frontal de la cámara, que es cerrada, esta aguantada por dentro del gas generator por 7 de los 14 protectores (sheath) de los inyectores de combustible (fuel nozzles). La parte trasera exterior esta sujeta por una unión deslizante en el conducto de salida grande (large exit duct) mientras que la interior se apoya en el conducto de salida pequeño (small

exit duct). Estos dos conductos forman las paredes que giran la dirección de los gases 180 grados hacia el frente y en dirección a la turbina del compresor. El conducto grande tiene una doble pared por donde le entra aire "frío" P3 para protección contra el calor. Este se atornilla en su parte central al gas generator. El conducto pequeño se atornilla al soporte de la etapa estatora de la turbina.

ESTATOR DE LA TURBINA DEL COMPRESOR (C/T VANE RING)

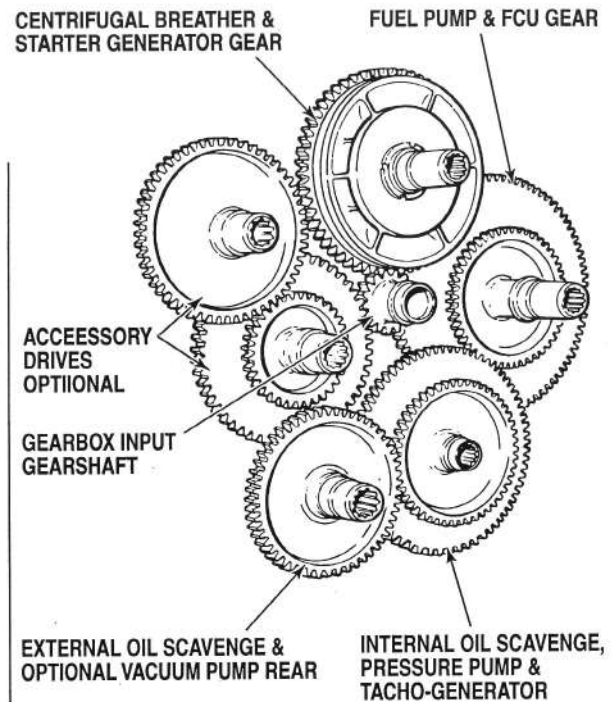
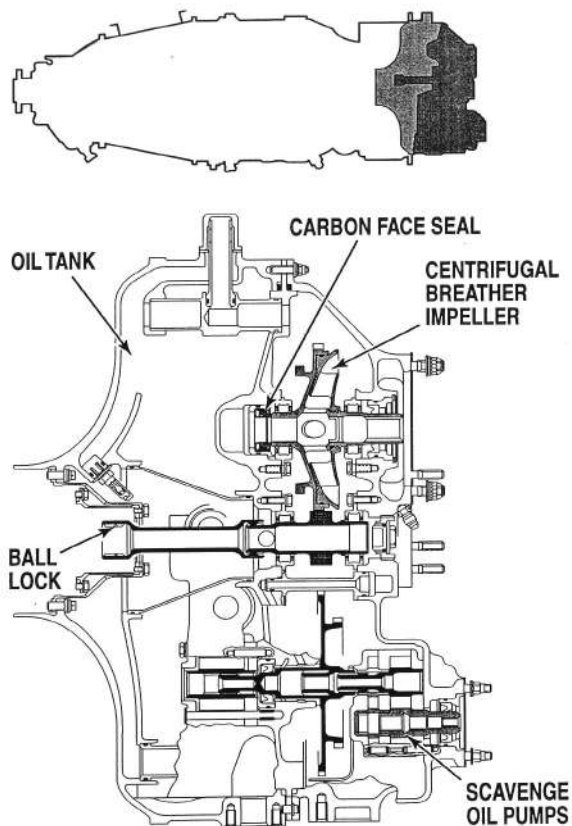
En los modelos antiguos, (-6, -20) el vane ring estaba formado por álabes individuales. Ya después salieron los vane ring moldeados en una sola pieza. El vane ring se encuentra entre los conductos de salida y la turbina del compresor. Los álabes del vane ring dirigen los gases en expansión con el ángulo optimo contra los álabes de la turbina que a su vez hace girar al compresor. Una plataforma periférica formada en el vane ring acopla con el conducto de salida pequeño y con la carcasa que rodea los álabes de la turbina (shroud housing). Este shroud housing se extiende hacia adelante y forma una superficie cilíndrica exterior donde se apoya y desliza el aro de sellado inter-etapas (en los modelos grandes es la envolvente la que tiene alojado el aro de sellado) y a la vez es el punto de unión (o separación de la sección de potencia). Los segmentos se colocan dentro de la envolvente y sirven para darle a los álabes la mínima luz para evitar fugas de gases al tiempo que se evitan los rozamientos y desgastes. Si la luz es demasiado



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

grande esta se manifiesta con alta temperatura.

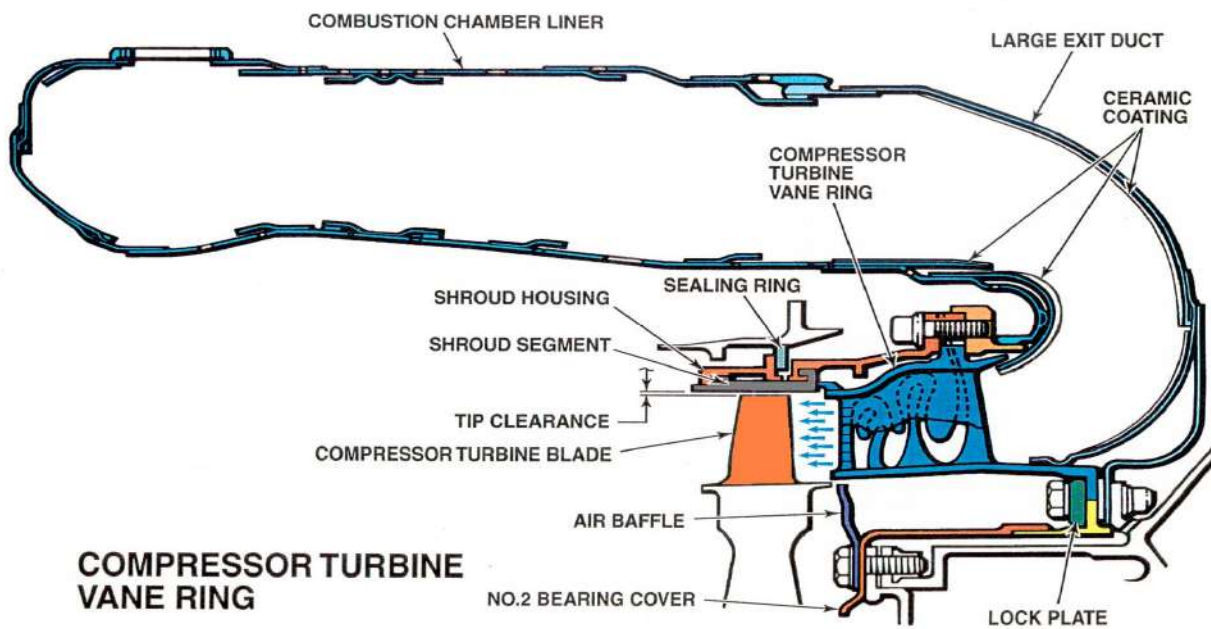
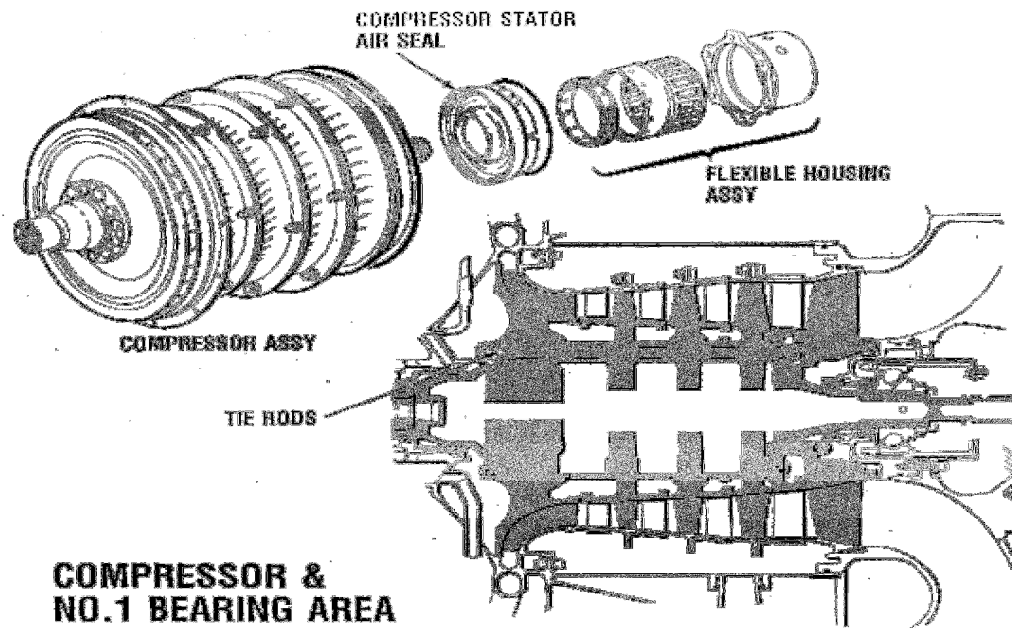


ACCESSORY GEARBOX



UNITED TURBINE

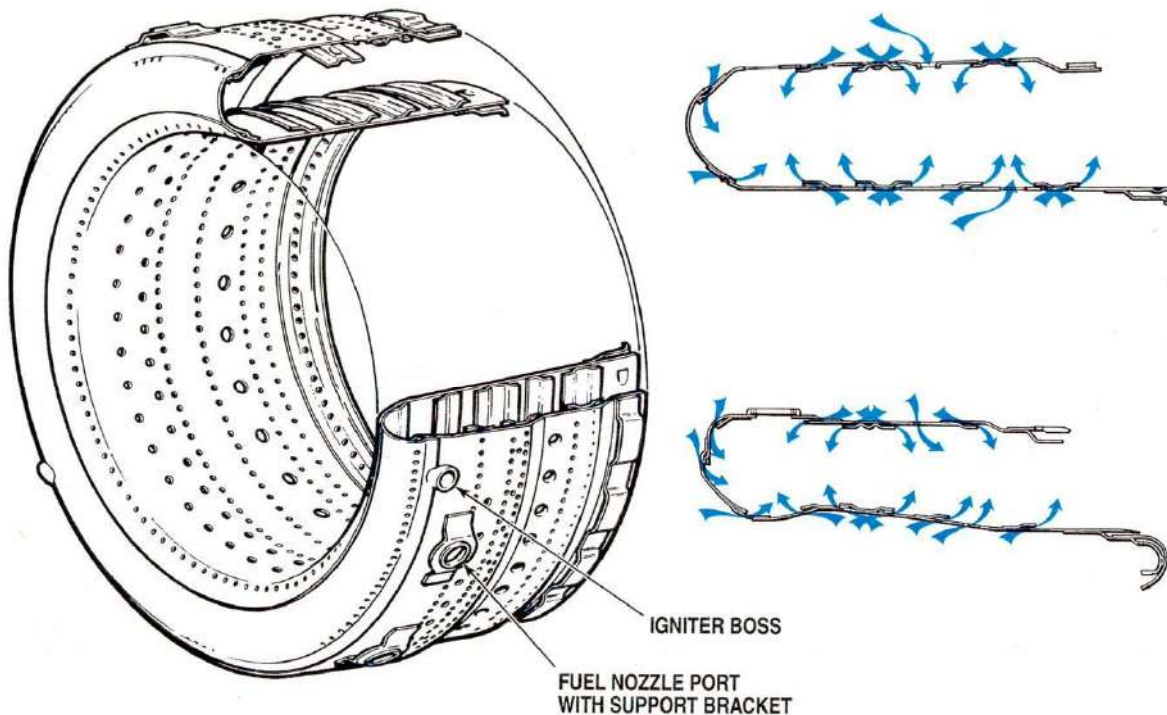
MANUAL DE ENTRENAMIENTO





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



COMBUSTION CHAMBER LINER

TURBINA DEL COMPRESOR

La turbina del compresor consiste de un disco y de 58 (ó 59) álabes y hace girar al compresor en sentido contrario a la agujas del reloj.

El disco está unido a través de un eje estriado al acople (stubshaft) del compresor y sujeto por un tornillo y una arandela retén. Una de las estrías es mas grande, maestra, para que siempre se instale en la misma posición y mantener así su balance original. Los 58 álabes se sujetan al disco con un corte de cola de abeto (firtree) y se aseguran con remaches tubulares (o sólidos en motores grandes). Los álabes de aleación de níquel tienen en algunos modelos una extensión fina (squeler tip) para evitar un fuerte

rozamiento en caso de contacto con los segmentos. En la punta de los álabes hay una superficie plana de referencia para hacer el chequeo de alargamiento (stretch). Pesos de balance sujetos con remaches se colocan a ambos lados del disco. Una corta extensión del disco provee una superficie de sellado para controlar el flujo de aire de refrigeración.

ESTATOR DE LA TURBINA DE POTENCIA (P/T VANE RING)

Algunos modelos de motores antiguos tienen este vane ring con álabes individuales pero en modelos más recientes este vane ring es de una sola pieza moldeada. El vane ring dirige el flujo de gases con ángulo optimo para hacer girar al rotor de la turbina de



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

potencia. La carcasa del estator y el aro de contención con el conjunto del vane ring da apoyo al aro de sellado inter-etapas y todos están atornillados al conducto de salida de los gases por la pestaña "D". En los modelos -41 y mayores el aro de sellado inter-etapas se encuentra en la sección caliente.

DIAFRAGMA DE SELLADO INTER-ETAPAS (BAFFLE)

La turbina del compresor esta separada de la turbina de potencia por medio de un baffle inter-etapas que esta sujetado con remaches al vane ring de la turbina de potencia. Este baffle evita la disipación de los gases y consecuentemente la transmisión de calor a las caras de los discos de ambas turbinas. El centro del baffle tiene dos rebordes circulares los cuales encajan en unas extensiones de ambos discos proveyendo de esta manera control de aire de enfriamiento a través de un orificio en el centro del baffle.

ROTOR DE LA TURBINA DE POTENCIA.

El conjunto de turbina de potencia se compone de un disco (desde el -41 para arriba, dos discos), álabes y pesos clasificados. Este mueve los engranajes de reducción a través del eje en el sentido de las agujas del reloj. Es requerido chequear el

disco por crecimiento radial. El disco de la turbina es estriado en su eje, y engrana en el eje de la turbina de potencia siendo asegurado por un tornillo y una arandela de fijación. Una estría maestra asegura que el disco de la turbina se instale en una posición pre-

determinada para mantener el balance original, el cual se realiza con su eje y con los cojinetes No.3 y 4. El número de pesos clasificados requeridos se determina durante los procedimientos de balanceo y son remachados a una pestaña localizada en la parte trasera del disco. Los álabes de la turbina de potencia son distintos de los de la sección caliente ya que tienen en la punta una plataforma que cuando están todos juntos forman un aro de circular. Los álabes entran en ranuras del disco con perfil de colas de abeto y sujetos por remaches tubulares. La punta de los álabes gira dentro de un aro con doble serración que provee un sello continuo a los gases e incrementa la eficiencia de la turbina.

CONDUCTO DE SALIDA (EXHAUST DUCT)

El conducto de salida de los gases consiste en un conducto de acero resistente al calor en forma divergente con una o dos salidas al exterior, según modelo de motor. Este conducto esta atornillado a la pestaña "C" del gas generator y se compone de dos secciones. La sección exterior cónica, que tiene dos puertas de salida con pestaña, forman la pared exterior de los gases P3 y también funciona como un miembro estructural que da soporte a la caja de de reducción. La sección interna forma la pared interna del conducto de los gases calientes y provee un compartimiento para la caja de reducción y para la carcasa de soporte de la turbina de potencia. Un cono de material aislante protege de excesivo



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

calentamiento a la caja reductora y a la carcasa de soporte de la turbina de potencia. Una válvula en la posición de las 6 del reloj cerca de la pestaña "C" permite la evacuación de combustible que se pueda generar durante el apagado del motor.

COJINETES No. 3 y No.4

El eje de la turbina de potencia esta apoyado y asegurado en la carcasa de soporte de la turbina de potencia por los cojinetes No.3 (rodillos) y No.4 (esferas). Ambos cojinetes tienen una pestaña en su parte exterior por la cual se atornillan en la parte interior de la carcasa de soporte de la turbina de potencia. El disco de la turbina de potencia aguanta la parte interna del cojinete No. 3, la cual esta colocada entre una cara de la turbina y la parte rotativa del sello de aire del cojinete No.3, en la parte trasera del eje de la turbina de potencia. El cojinete No.4 tiene su parte interna en dos piezas, el cual se coloca entre un reborde en el eje de la turbina y un acople y asegurado por una tuerca y arandela de sujeción. Para su extracción, el cojinete tiene una acanaladura circular en su diámetro exterior.

CARCARA DE SOPORTE DE LA TURBINA DE POTENCIA

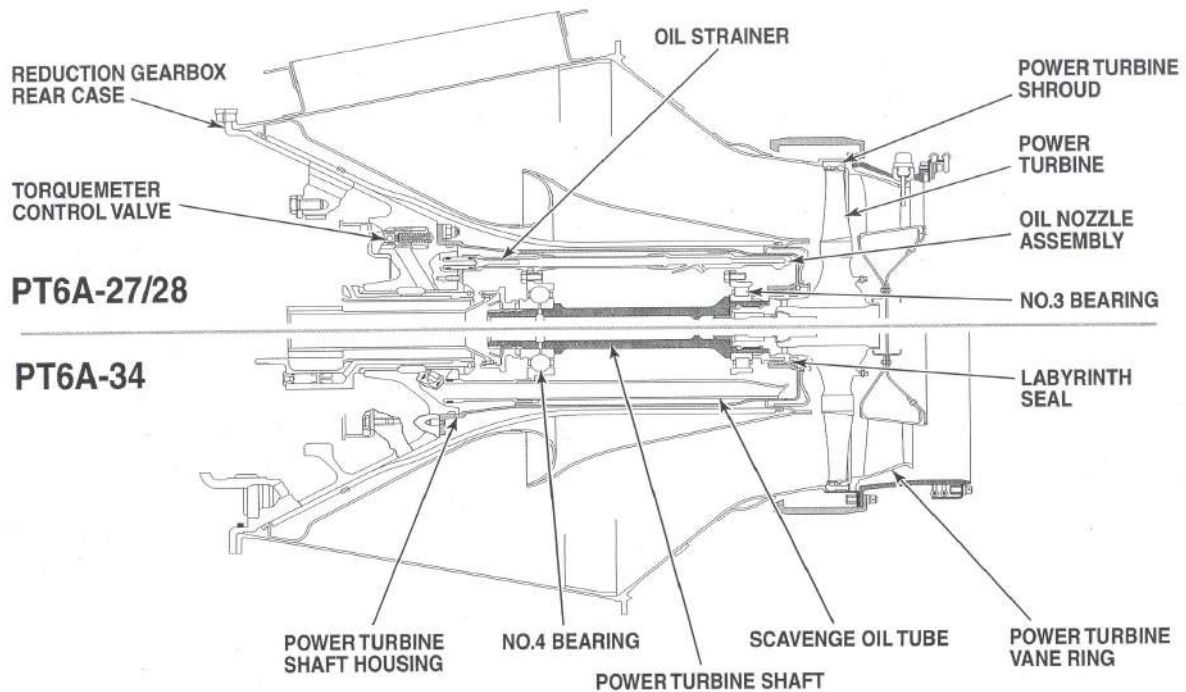
La carcasa de soporte de la turbina de potencia consiste de un cilindro de acero, el cual se une a la carcasa trasera de la caja de reducción a través de doce pernos. La carcasa provee soporte para el conjunto de turbina de potencia y los dos cojinetes. Un sello de

laberinto asegurado a la parte trasera de la carcasa por un aro retén previene las fugas de aceite hacia la sección de potencia. Un tubo de transferencia interno con cuatro agujeros de inyección proveen lubricación delantera y trasera a los cojinetes No.3 y 4. Un tubo de recuperación asegurado en la parte inferior de la carcasa en la posición de las 6 del reloj drena el aceite de los cojinetes a través de una bomba de recuperación. En los motores Twin-Pac el aceite se drena con la ayuda de succión ventury hacia el fondo de la caja combinada desde donde se recoge con una bomba de recuperación en la parte interna de la caja de accesorios de la sección de potencia.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

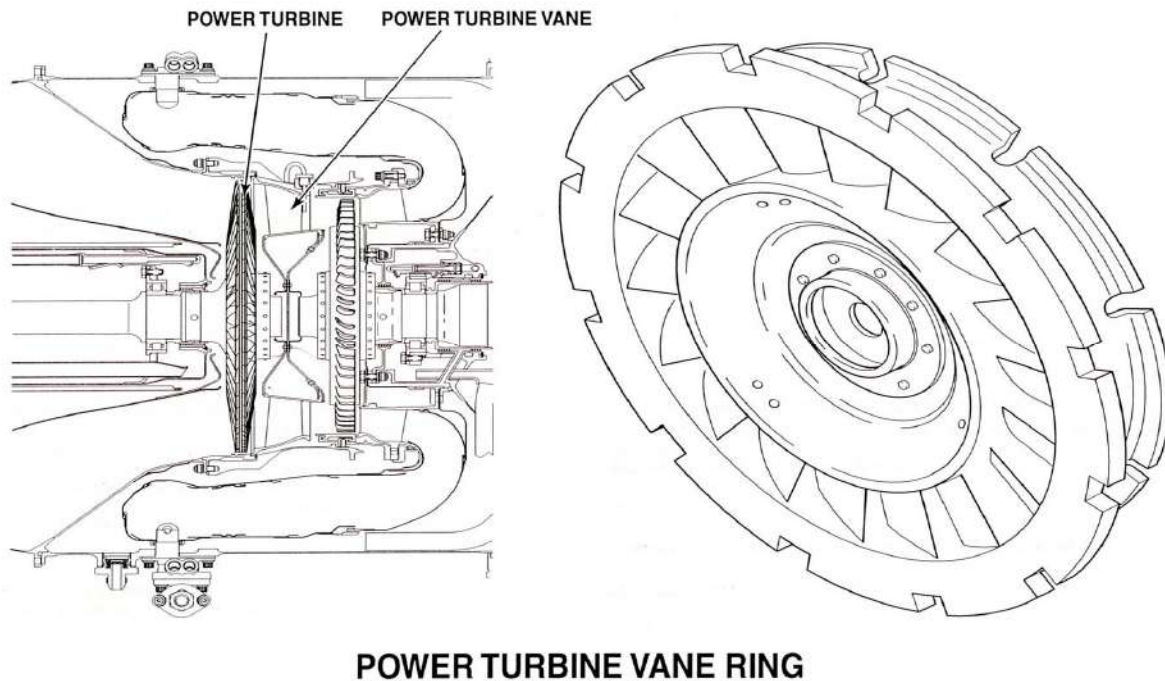


POWER TURBINE NO.3 & NO.4 BEARING AREA



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



CAJA DE ENGRANAJES DE REDUCCIÓN (REDUCTION GEARBOX)

****NO PARA TWIN-PAC****

La caja reductora esta localizada en la parte frontal del motor y consiste de dos carcasas de fundición de magnesio (aluminio en modelos militares) atornilladas a la pestaña frontal del conducto de salida de los gases. El sistema se compone de dos etapas planetarias de reducción. La primera etapa se sitúa en la carcasa trasera. El torque de la turbina de potencia se transmite a través del eje de la turbina al engranaje sol de la primera etapa. El engranaje sol consiste de un eje hueco de acero con el engranaje en su parte delantera y estrías externas en su parte trasera. Estas estrías encajan dentro de las estrías del acople del eje de la turbina y se aseguran por medio de dos

anillos retenedores. El acople a su vez, esta estriado y entra en el eje de la turbina de potencia y asegurado por una tuerca y una arandela aseguradora. El engranaje sol mueve los tres engranajes planetarios de la primera etapa de reducción.

El aro engranado (ring gear) sobre el que gira la primera etapa esta colocado sobre unas estrías helicoidales de la carcasa trasera de la caja de reducción. El torque desarrollado por la turbina de potencia es transmitido al engranaje sol y a los tres engranajes planetarios. Reaccionando contra este torque esta el ring gear, resultando en rotación del conjunto platenario. El ring gear, al tener estrías helicoidales, puede girar y avanzar axialmente hasta un punto limitado por tres retenes. Este movimiento se usa en el sistema de torquímetro



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

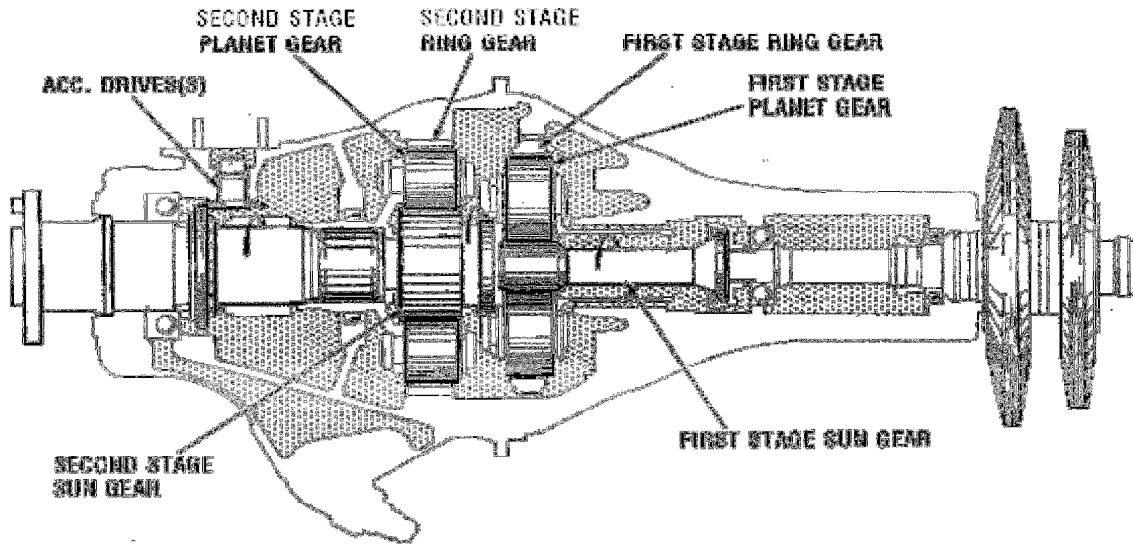
La segunda etapa de reducción se aloja en la carcasa delantera de la caja de reducción. El conjunto planetario de la primera etapa esta unido al sol de la segunda etapa a través de un acople flexible, el cual sirve para amortiguar cualquier vibración presente entre las dos masas rotativas y corregir cualquier posible desalineamiento. El sol de la segunda etapa conduce cinco engranajes planetarios. El ring gear de la segunda etapa esta fijo a la carcasa delantera de la caja de reducción por estrías rectas y asegurado por tres retenes atornillados. El conjunto de engranajes de la segunda etapa esta a su vez unido a través de estrías al eje de la hélice y asegurado por una tuerca y arandela reten. El cojinete de rodillos No.5 se atornilla con 4 tornillos a través de su pestaña exterior a la carcasa delantera y provee soporte radial para el conjunto de la segunda etapa de reducción y el eje de la hélice. Un tubo de transferencia de aceite esta asegurado dentro del eje de la hélice por un aro reten y provee lubricación al cojinete No.4 y al sol de la primera etapa de reducción.

Los accesorios situados en la carcasa delantera están movidos por un engranaje a 45 grados (bevel gear) montado en el eje de la hélice detrás del cojinete de bolas No.6. Las cargas de empuje de la hélice son absorbidas por este cojinete localizado en la cara delantera de la carcasa de reducción. El engranaje a 45 grados, el cojinete No.6 y el sello de aceite delantero están montados y asegurados al eje de la hélice por medio de una tuerca ranurada y una arandela reten. La tapa del cojinete No.6 esta asegurada a la carcasa frontal y tiene dos semi aros reten que facilitan el reemplazo del sello de goma del aceite.

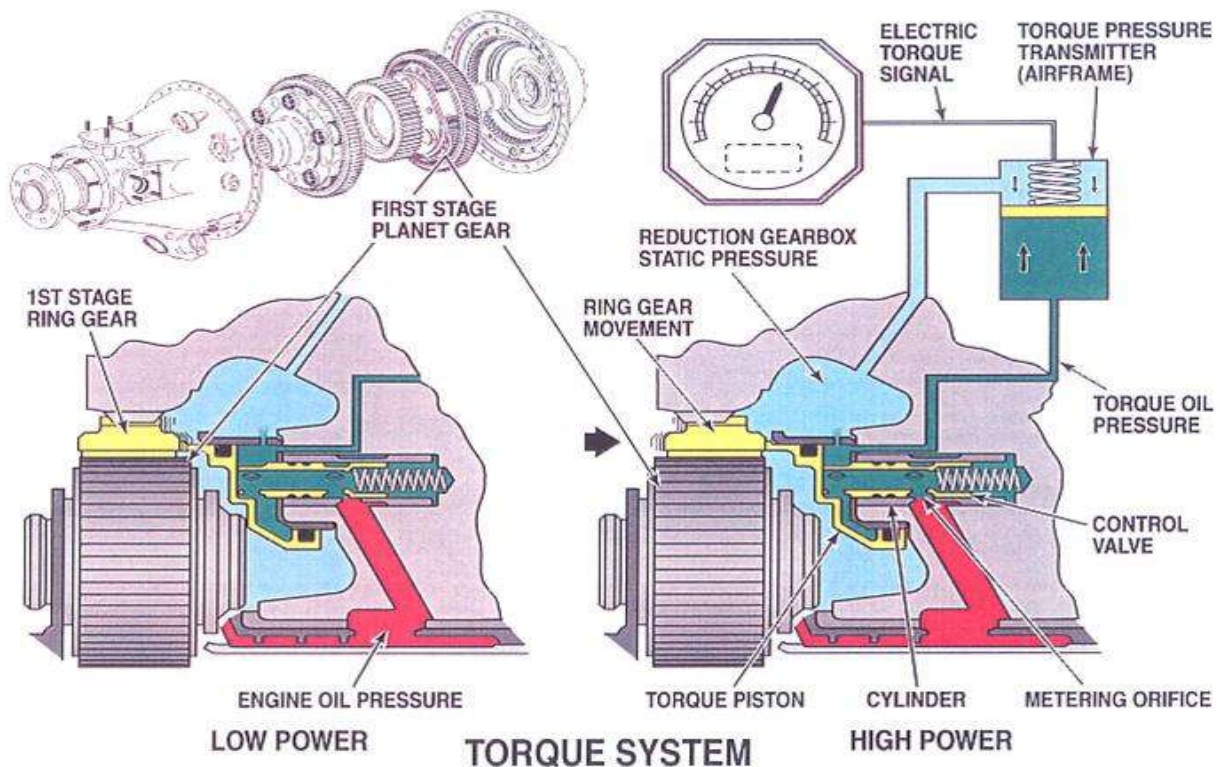


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



REDUCTION GEARBOX STANDARD ROTATION





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

TORQUÍMETRO

El torquímetro es un sistema hidromecánico para medir la potencia generada por el motor; esta situado dentro de la carcasa trasera de la caja de reducción. El mecanismo consiste de un cilindro, un pistón, sellos, válvula y muelle.

La presión ejercida sobre el ring gear de la primera etapa esta contrarestada por estrías helicoidales las cuales imparten un movimiento axial al ring gear y, por consiguiente, al pistón del torquímetro que lo empuja. Este a su vez, mueve la válvula contra el muelle abriendo un orificio que permite la entrada de aceite a presión dentro de la cámara del torquímetro. Este movimiento continúa hasta que la presión dentro de esta cámara se iguala a la presión ejercida por el ring gear. Esta presión es proporcional al torque ejercido por el motor. Cualquier cambio de potencia repite la secuencia hasta que se consigue un estado de equilibrio. El bloqueo hidráulico se previene gracias a un orificio de sangrado en el cilindro que vierte aceite en forma continua hacia el interior de la caja de reducción.

A causa de que la presión externa y la presión dentro de la caja reductora pueden variar y afectar la presión total medida en el cilindro del torquímetro, la presión interna de la caja reductora se tiene que medir. La diferencia entre la presión en el torquímetro y la presión dentro de la caja reductora indica de forma inequívoca el torque producido por el motor. Estas dos presiones se llevan al exterior a través de conductos internos y de ellos se saca la indicación del torque.

CAJA COMBINADA PARA TWIN-PAC (COMBINED GEARBOX)

Este modulo se compone de las secciones de entrada y salida, de un torquímetro integral, de dos gobernadores de las turbinas de potencia (Nf) y de dos acumuladores de aire (Pg). La caja reductora tiene plataformas de montaje para dos tacómetros generadores y para dos ventiladores para refrigerar el aceite.

La sección de entrada se compone de un tren de reducción de tres etapas que mueven el eje de salida con una relación de reducción de 5:1. El conjunto se compone de 5 carcasas: la de entrada, la de salida, un diafragma y dos tapas. La carcasa de salida se une a cada una de la secciones de potencia por la pestaña "A". Las carcasas de entrada y salida están unidas entres ellas por medio de tornillos, con el diafragma instalado entre ellas. Las tapas están atornilladas a la carcasa de entrada y proveen plataformas de montaje a los accesorios a la vez que protegen cojinetes de la caja combinada.

El engranaje de la segunda etapa transmite rotación a la tercera etapa a través de un engranaje acoplado a su eje a través de un embrague. Una extensión engranada de la segunda etapa transmite movimiento para el ventilador de enfriamiento del aceite y para el gobernador y el tacómetro generador de la turbina de potencia.

El embrague funciona de manera que durante la etapa de potencia el



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

engranaje de la segunda etapa transmite rotación al engranaje helicoidal de la tercera etapa, el cual a su vez hace girar al eje de salida exterior.

En circunstancias donde una sección de potencia ha dejado de funcionar, el movimiento de rotación del engranaje helicoidal de la tercera etapa y el de su eje, no engancha con el engranaje exterior del embrague y el movimiento de rotación para aquí. Su efecto es similar al de los pedales de una bicicleta donde la fuerza del ciclista mueve las ruedas pero en caso de que este pare, la rotación de las ruedas no hace girar los pedales ni le impone fuerza alguna.

El eje de salida exterior esta apoyado en su parte trasera en el diafragma a través del cojinete de rodillos No. 15 y por su parte delantera en la carcasa de salida por medio de los cojinetes No. 16 de rodillos y No. 17 de esferas. Por su parte trasera se extiende un engranaje acoplado que entra en la carcasa de entrada y mueve el engranaje de la

bomba de aceite de la sección de salida de la caja combinada.

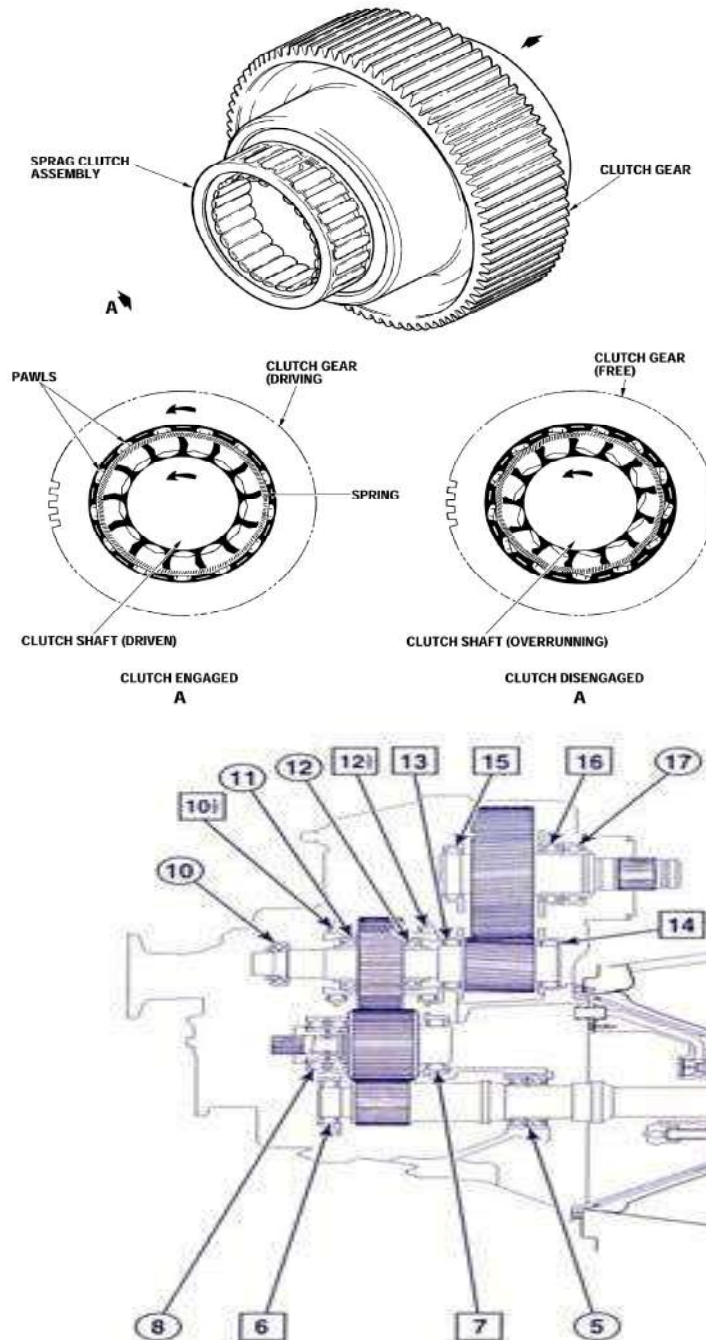
TORQUÍMETRO DE LA CAJA COMBINADA

Al producirse un cambio de potencia en el motor, el engranaje de salida (helicoidal) produce un movimiento axial en su conjunto homólogo de la tercera etapa de reducción. El engranaje helicoidal, el eje intermedio, el engranaje del embrague y el pistón del torquímetro se mueven axialmente. Este movimiento actúa sobre la válvula del torquímetro que permite más o menos presión de aceite en la cámara del mismo y así compensa la fuerza axial de los engranajes helicoidales. La presión de aceite en la cámara del torquímetro es proporcional a la potencia del motor y por consiguiente se utiliza para la indicación del torque en los instrumentos y para aplicarla a la Unidad Controladora del Torque del motor junto con la señal proveniente de la otra sección de potencia.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



CAJA DE ACCESORIOS

La caja de accesorios esta situada en la parte trasera del motor (parte delantera en la serie Twin-Pac) y esta compuesta de dos carcasas de aleación de magnesio (aluminio en algunos

modelos) moldeadas que están unidas por su pestaña exterior por medio de espárragos que salen de la cara trasera de la carcasa de entrada de aire al compresor (inlet case). Entre la caja de accesorios y el inlet case se encuentra el diafragma o pared separadora del



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

tanque de aceite y la caja de accesorios. Este diafragma sirve de apoyo a los cojinetes de los engranajes de la caja de accesorios y a la bomba de presión de aceite. El diafragma se une a la carcasa de accesorios por medio de cuatro tornillos.

La carcasa de accesorios sirve de apoyo a los cojinetes de los engranajes (complementarios al de los cojinetes en el diafragma). Por dentro de la caja de accesorios se encuentran dos bombas de recuperación de aceite, la del cojinete No.2 y la de sacado de aceite de la caja de accesorios. En el exterior hay dos bombas de recuperación: la de la caja de reducción frontal y la de los cojinetes No.3 y 4, la cual vierte hacia el interior de la caja de accesorios.

En la serie Twin-Pac el sistema es diferente: una bomba externa de recuperación recoge el aceite del cojinete No. 2 y lo tira al interior de la caja de accesorios. Una bomba grande interna recupera el aceite de la caja reductora y de los cojinetes No. 3 y 4 y lo echa dentro del tanque del aceite. Otra bomba interna recoge el aceite de dentro de la caja reductora, el proveniente del cojinete No. 2 y del cojinete No. 1, y lo deposita en el tanque de aceite.

En la parte trasera de la carcasa de accesorios se encuentran las

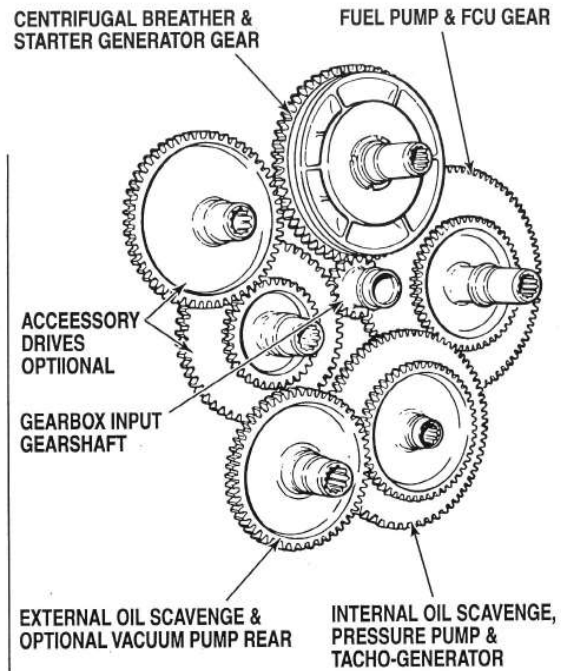
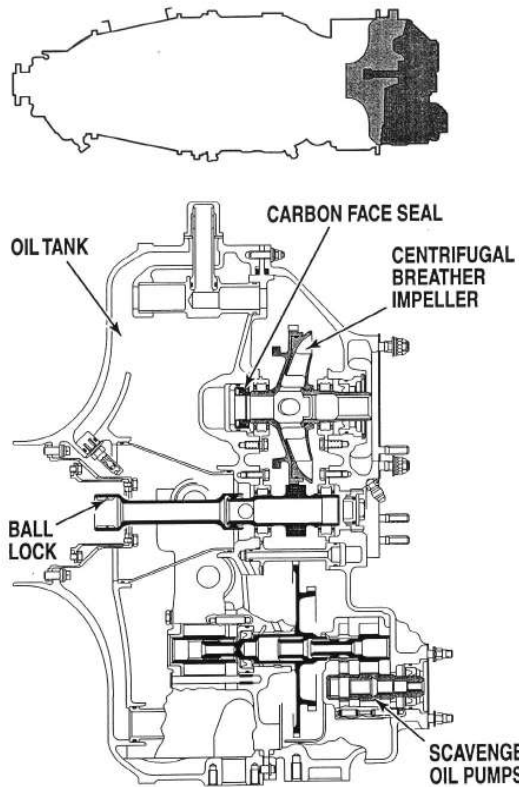
plataformas para montar los accesorios: generador/motor de arranque, bomba de combustible con el FCU (unidad reguladora de combustible) montada "piggy-back" y tacómetro generador de Ng. En el mismo centro se encuentra un tapón grande que al sacarlo deja espacio para que se pueda meter por el una herramienta que desacopla el eje de entrada del compresor. También en la misma cara se encuentran tres plataformas para montar en ellas otros accesorios opcionales. Los ejes de salida hacia los accesorios están sellados con un retén de goma y muelle (garlac seal). La caja de accesorios tiene en la posición de las 11 del reloj un tapón con varilla para chequear el nivel de aceite y relleno si es necesario. En el engranaje del motor de arranque se acopla una pieza (impeller) que de forma centrifuga separa el aceite del aire existente dentro de la caja de accesorios enviando el aire hacia el exterior por un agujero localizado en la posición de las 2 del reloj. Un sello de carbón en la cara frontal del engranaje evita que aceite escape al exterior a través del sistema de ventilación.

En la serie Twin-Pac, por la parte de abajo de la caja de accesorios se encuentra la válvula reguladora de presión del aceite y una válvula de flujo unidireccional.

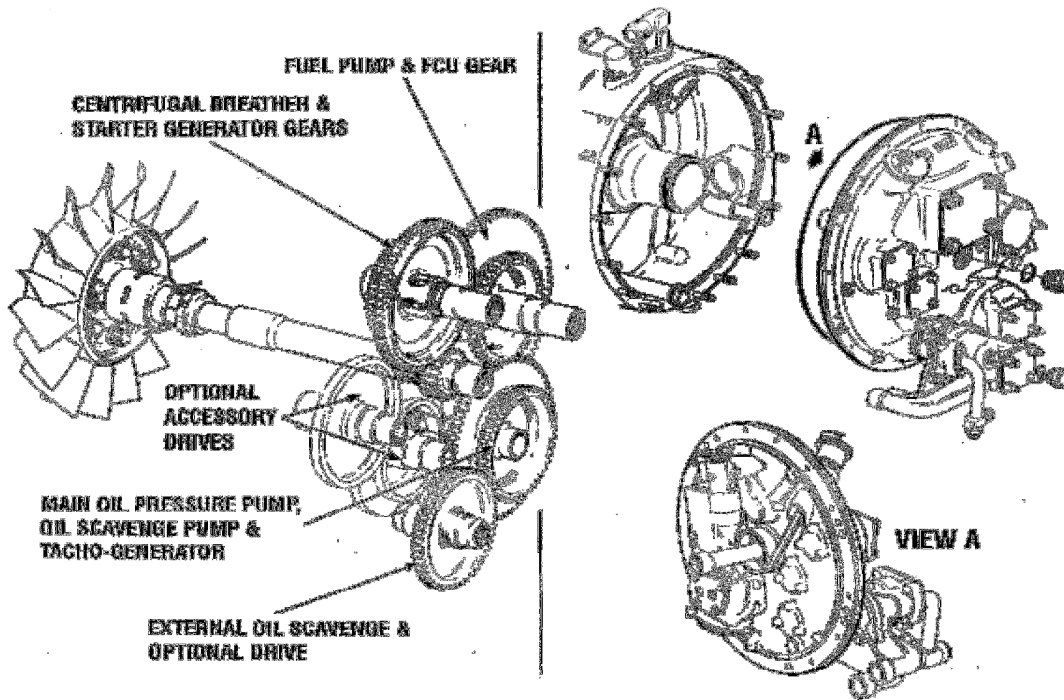


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



ACCESSORY GEARBOX



ACCESSORY GEARBOX



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE AIRE GENERAL

En el motor encontramos tres sistemas diferentes que utilizan aire para ejercer su función: válvula de sangrado de aire del compresor, sellos de laberinto que mantienen al aceite dentro de la zona de cojinetes y aire de refrigeración de las secciones calientes.

Hay dos fuentes opcionales de aire a presión. Una sale de la zona de sangrado del compresor a la presión P2.5 en la posición de la 1 del reloj del gas generator, la otra de la zona de descarga del compresor a la presión P3 en la posición de las 11 del reloj también en el gas generator. Uno o los dos pueden estar taponados según el requerimiento.

VÁLVULA DE SANGRADO DE AIRE DEL COMPRESOR (BLEED VALVE)

La función de la válvula de sangrado es adaptar los dos módulos del compresor, axial y centrífugo, según la cantidad de aire que producen en baja y altas revoluciones. En baja, el compresor axial (3 o 4 etapas) produce más aire del que el compresor axial puede procesar y si no se evacua una parte de este aire el compresor centrífugo se atora, produciendo una entrada en pérdida del compresor (stalling) y para evitarlo se abre un escape al aire del compresor en su etapa 2.5 evitando así la entrada en pérdida (stalling) del compresor a bajas revoluciones. Una vez que el compresor gana revoluciones el compresor centrífugo se hace más efectivo y puede recibir más aire, siendo

entonces que la válvula de sangrado empieza a cerrar paulatinamente hasta que ya todo el aire del compresor axial pasa por el centrífugo y de ahí a la cámara de combustión.

En la serie -41 estos motores incorporan dos válvulas, una de baja y otra de alta. En las series -60/ -65 / -67 se ha llegado a una sola válvula con distintas configuraciones que en lugar de descargar el aire al exterior lo manda hacia la entrada al compresor para aumentar supuestamente su eficiencia aunque con efectos negativos en cuanto a la corrosión de la carcasa de entrada de aire al compresor.

La posición de la válvula depende del modelo de motor en la siguiente forma: motores pequeños a las 7 del reloj, el -41/42/45 a las 3 y a las 9, -60/65/67 a las 3.

Las válvulas se componen de un pistón que se desliza dentro de una carcasa y es sellado por medio de un diafragma de goma o por un aro de carbón en el diámetro exterior del pistón. En la parte superior se ejerce la presión regulada P_x que es la generada por la presión P3 después de pasar por un orificio (dos en la serie -41) y ser evacuada a P_a ambiente a través de un venturi. A medida que P3 aumenta, la presión P_x también aumenta hasta el punto que supera a la presión P2.5 y consigue que el pistón cierre deteniendo la salida de aire desde la etapa P2.5 del compresor. En la serie -65 el aire pasa directamente a la cámara formada encima del pistón y sin salida externa. El control se efectúa cambiando el área efectiva a través del asiento del pistón.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

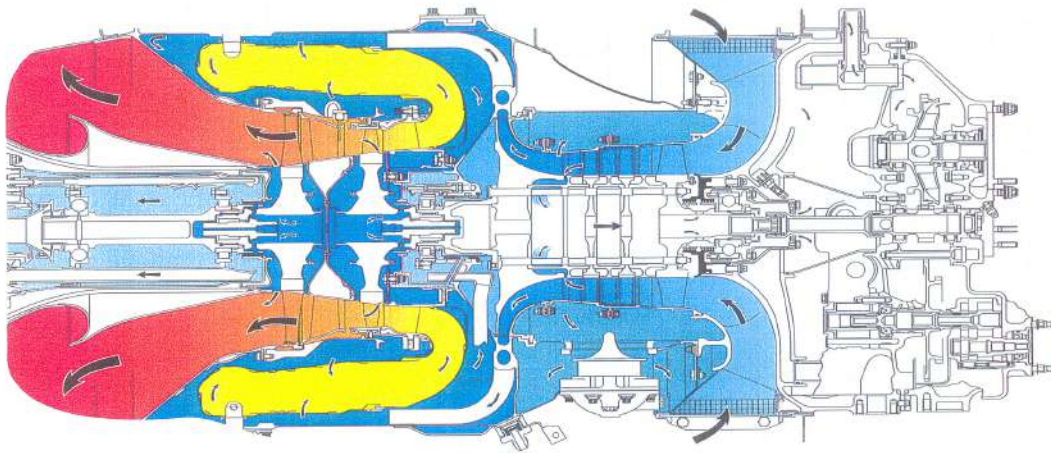
COMPARTIMIENTO DE COJINETES, ENFRIAMIENTO DE LOS DISCOS DE TURBINA Y SISTEMAS DE SANGRADO DE AIRE

Aire a presión, junto con sellos de aire se utilizan para sellar los compartimientos de los cojinetes primero, segundo y tercero, y también para enfriar los discos de las turbinas del compresor y potencia.

Los sellos de aire, establecen y controlan los gradientes de presión requeridos. El sello se compone de dos partes: la parte interna rotativa que es cilíndrica, y la parte externa rotativa que contiene cámaras de expansión

(laberintos) similares a los dientes de una sierra. Se mantiene entre las dos partes una tolerancia mínima, pero teniendo en cuenta la seguridad de que no se produzca un rozamiento.

Presión intermedia P2.5 del compresor se utiliza para alimentar el sello del cojinete No.1 por su parte delantera y se pasa a través de los espacios huecos del compresor y sale por agujeros en el hub del compresor hacia el centro del sale de laberinto. Una de las causas de aceite en la entrada en el compresor puede ser el deterioro de este sello, no solamente por desgaste sino también por corrosión ya que el laberinto es de aluminio.

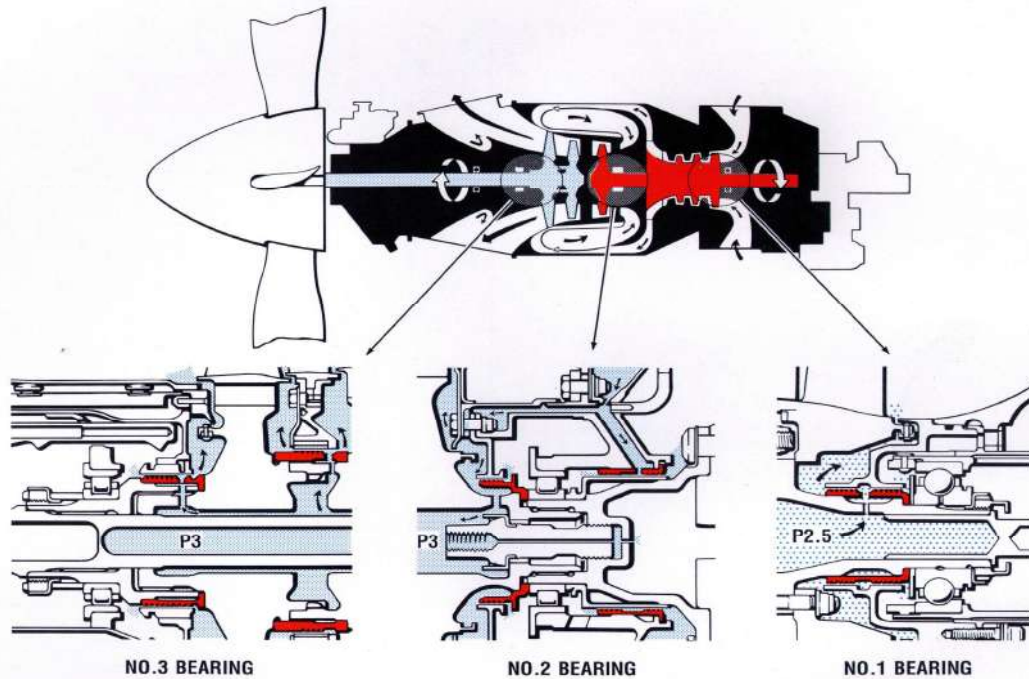


SECONDARY AIR SYSTEM

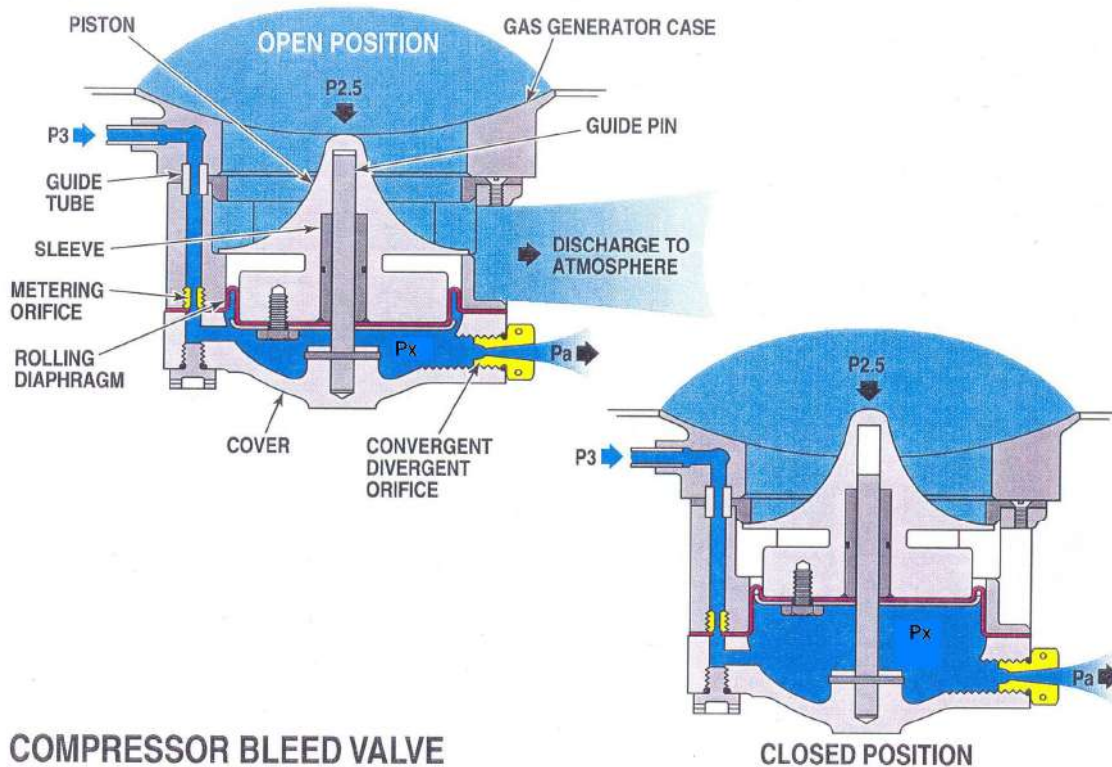


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



BEARING COMPARTMENT SEALING

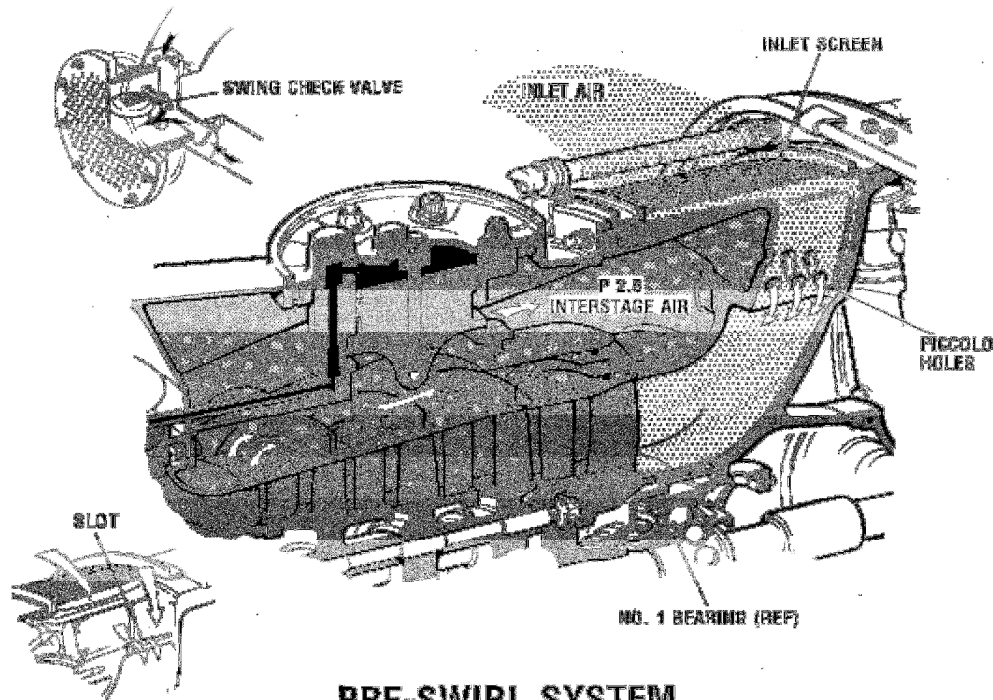


COMPRESSOR BLEED VALVE



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



PRE-SWIRL SYSTEM

El cojinete No.2 se protege en su parte delantera (lado de la sección caliente) con un sello de laberinto sencillo y por su parte trasera (lado del compresor) con uno doble. El aire a presión para este sello viene desde la punta del compresor centrífugo o desde la parte de atrás del conducto de salida grande de la sección caliente, dependiendo de las revoluciones del motor. Este aire iguala las presiones del compartimiento del cojinete en su parte trasera y delantera. El compartimiento esta ventilado por la línea de recuperación hacia la caja de accesorios.

Los discos de turbina están refrigerados por aire proveniente de la zona P3 pasando también por detrás del conducto de salida grande. A través de agujeros en la tapa del cojinete No.2 el aire toma tres caminos diferentes: parte

del aire enfría la cara trasera del disco C/T y presuriza los sellos de aire como ya se ha visto; el resto del aire toma el camino hacia adelante a través del centro del C/T desde donde pasa a enfriar la cara delantera del C/T. El aire continúa por un agujero en el centro del baffle del estator de la turbina de potencia. Al pasar por el baffle el aire sale para refrigerar las caras delantera y trasera del disco P/T. El resto se dirige a presurizar el sello de laberinto del cojinete No.3. Todo el aire utilizado para refrigerar los discos se mezcla con los gases de post combustión en su salida hacia el exterior a través del conducto de salida. El aire que entra hacia el compartimiento del cojinete No.3 se va junto con el aceite de recuperación hacia la caja de accesorios, donde es evacuado al exterior a través del respiradero centrífugo.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE LUBRICACIÓN GENERAL

El sistema de lubricación está designado para proveer continuamente un flujo de aceite limpio para los cojinetes, los engranajes, torquímetro, hélice y caja de accesorios. El aceite lubrica y enfría los cojinetes al tiempo que transporta impurezas al filtro donde se retienen. Inyectores calibrados suministran un flujo óptimo de aceite a los cojinetes durante todas las condiciones operativas. Una bomba de presión situada en el tanque de aceite provee aceite a la caja de accesorios y a través de tubos externos al gas generator y a la caja de reducción.

TANQUE DE ACEITE

El tanque de aceite es la cámara formada entre el inlet case del compresor y la caja de accesorios. El tanque tiene un tubo de llenado y una tapa con una varilla de nivel que exteriormente se localiza en la caja de accesorios en la posición de las 11 del reloj. Las marcas en la varilla indican la cantidad de aceite, en cuartos de galón, necesaria hasta el máximo nivel. Un sistema de respiradero y prevención de sobrellenado se sitúa en la parte más alta del tanque de aceite. En el fondo hay un tapón para facilitar el drenado del aceite.

BOMBA DE ACEITE

Aceite presurizado circula desde el tanque de aceite al sistema de lubricación del motor, impulsado por una bomba de tipo engranaje que se encuentra dentro del tanque de aceite, en un punto más bajo. La bomba se compone de dos engranajes dentro de

una carcasa de magnesio, atornillada a la cara frontal del diafragma de la caja de accesorios y movida a través de este por un eje de engranaje. La carcasa provee el alojamiento del filtro y el de la válvula de alivio.

FILTRO DEL ACEITE

El filtro de aceite está en la posición 3 del reloj en inlet case del compresor. El conjunto comprende una carcasa donde se aloja el elemento del filtro, una válvula de derivación (by-pass valve) y otra válvula unidireccional (check valve). Los filtros suelen ser de vida límite de 1000 horas aunque también los hay reusable. Una tapa con cuatro tuercas asegura y alinea en conjunto con el inlet case. Aceite a presión circula a través de la válvula unidireccional y a través del elemento filtrante antes de tomar el camino hacia el sistema del motor a través de agujeros en la carcasa, dejando cualquier partícula contaminante en la parte exterior del filtro. La válvula unidireccional evita que cuando el motor esté parado el aceite fluya por gravedad hacia el motor y ayuda a que se pueda abrir y cambiar el filtro sin necesidad de drenar el aceite del tanque. La válvula de derivación (by-pass) provee un pasaje alternativo en caso de que el filtro quede bloqueado y el aceite pasa filtrado solamente por la malla metálica, de agujeros más grandes.

En la serie Twin-Pac los filtros de aceite de la caja combinada y de las dos secciones de potencia se encuentran en la parte trasera de la caja combinada. Los filtros están dentro de una tapa que sobresale exteriormente. El sistema incorpora una válvula de bypass.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE ACEITE PRESURIZADO (SERIE PT6A)

La presión del aceite esta regulada por una válvula de alivio (relief valve) que se puede ajustar y esta sujeta con un aro retén a la carcasa de la bomba de aceite corriente abajo del filtro. Cuando se sacan el filtro y su carcasa queda espacio para meter una herramienta y sacar la válvula. El ajuste de la presión a la cual la válvula abre o cierra se efectúa a través de la adición o remoción de arandelas calibradas bajo el muelle actuador.

La lubricación de la caja de accesorios se efectúa a través de agujeros existentes en el diafragma y en la caja misma con aceite proveniente de la bomba. El cojinete No.1 se lubrica con aceite a presión a través de agujeros internos en el inlet case del compresor y sale a través de un filtro fino y un inyector calibrado y sujeto en la zona posterior del cojinete. El aceite penetra en las bolas del cojinete a través de agujeros en su diámetro interno y mandados hacia dentro por fuerza centrifuga.

El suministro de aceite para el cojinete No.2 y parte frontal del motor se hace de forma directa. Desde la bomba el aceite sale a través de pasajes internos y continúa por un tubo de transferencia externo. Un acoplamiento debajo del gas generator case provee salida para aceite destinado al cojinete No.2 a través de tubería interna que pasa a través de dos tubos difusores del compresor y entra en una galería con dos inyectores de aceite, uno en el

frente y el otro en la parte trasera del cojinete. Un filtro fino protege a ambos inyectores de contaminación y bloqueo.

El aceite llega a una camara situada en la parte3 frontal del motor de donde se divide en tres ramificaciones:

La primera ramificacion llega a una camara que distribuye aceite a la primera etapa de reducción, sus bujes y sus planetas; manda aceite a los cojinetes No.3 y No.4, y finalmente al sistema del torquímetro a traves de una valvula con piston y muelle empujado por el piston del torquimetro.

La segunda ramificacion alimenta, a traves del manguito de transferencia el interior del eje de la helice, desde donde sule el aceite a la segunda etapa de reduccion, sus bujes, planetas, y cojinete No.5; manda un chorrito de aceite al interior del eje de la turbina de potencia para lubricacion adicional del cojinete No.4.

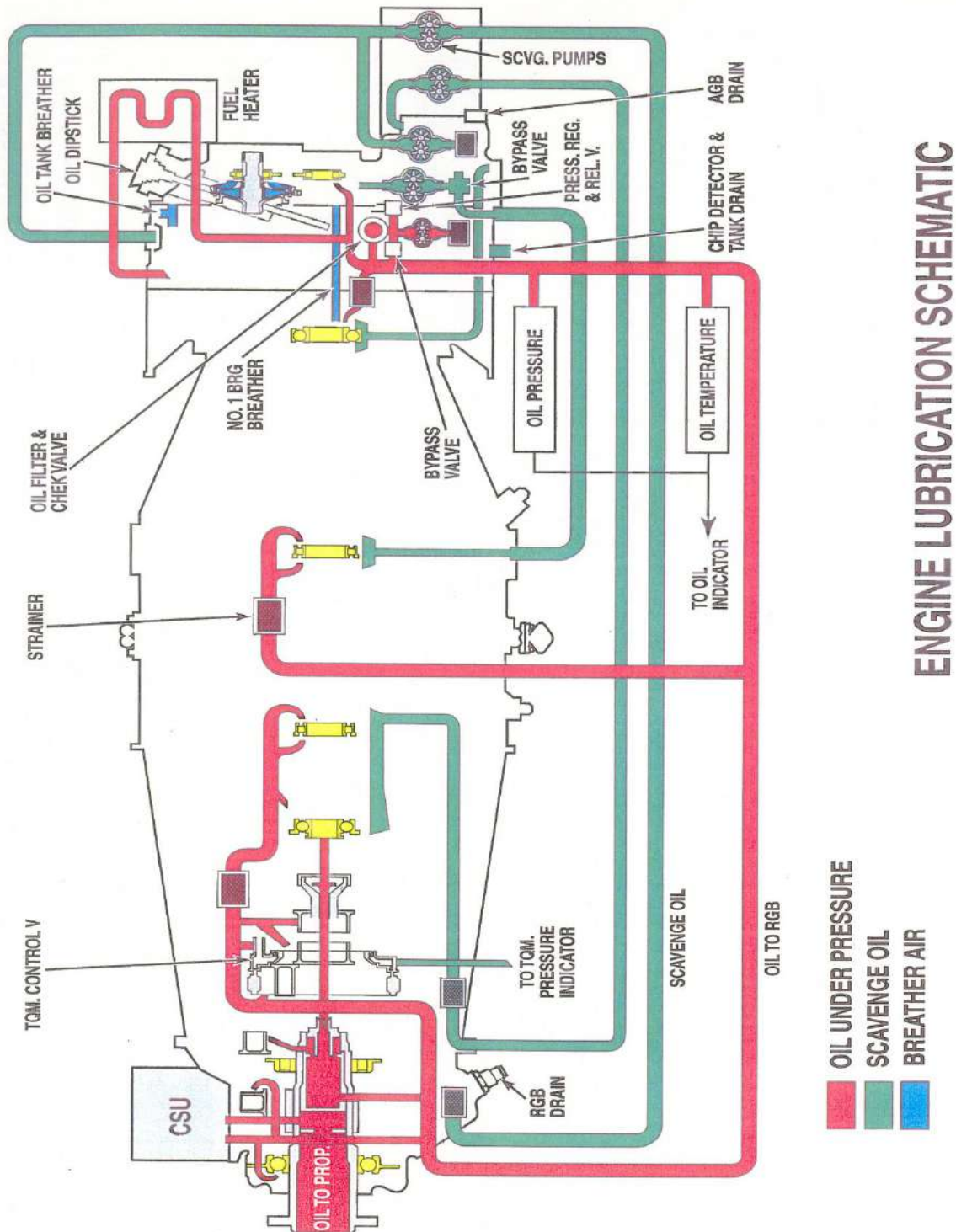
La tercera alimenta el sistema de gobernacion de la helice a traves del gobernador de la helice y del manguito de transferencia hacia el interior del eje de la helice por su seccion delantera, la cual actua el mecanismo de la helice para el control de las rpm.

Adicionalmente, aceite de lubricación llega por agujeros internos a los bujes de los accesorios delanteros del motor (propeller governor, O/S governor y tach generator), y al cojinete No.6 (y No.7 en motores grandes).



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

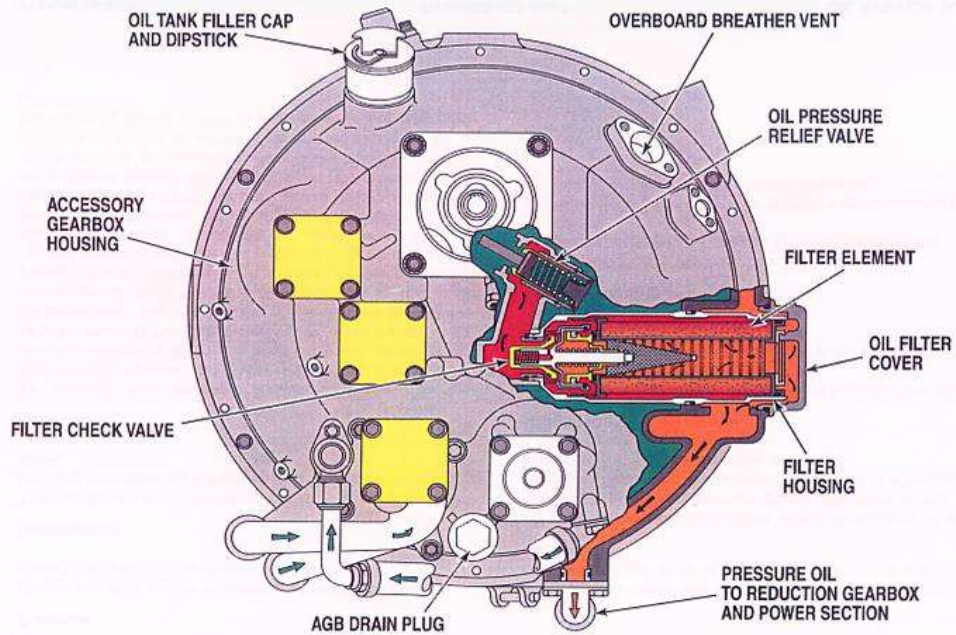


ENGINE LUBRICATION SCHEMATIC

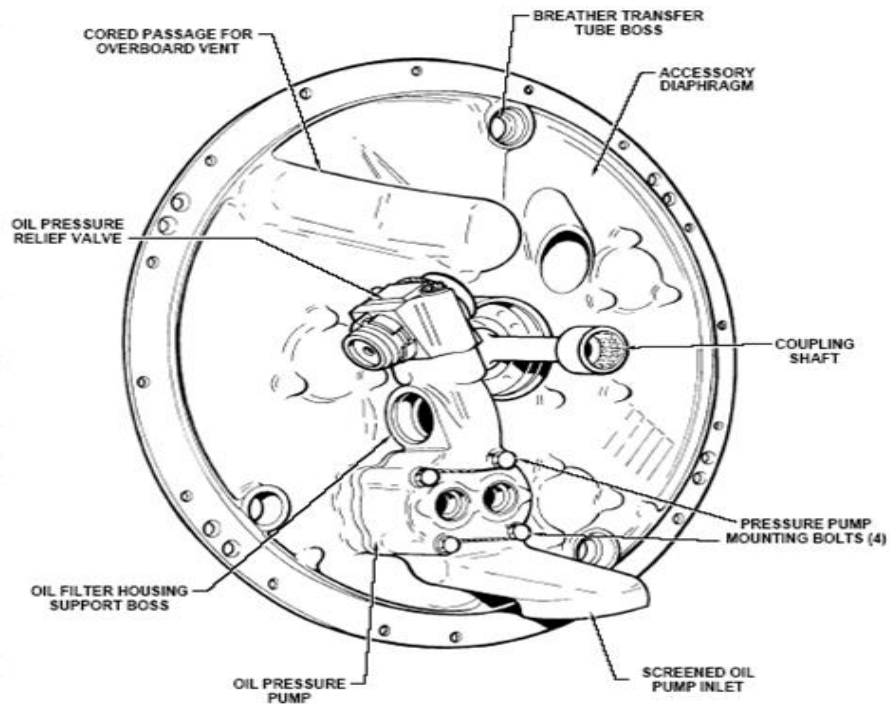


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



OIL PRESSURE REGULATION & FILTRATION





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE ACEITE PRESURIZADO (SERIE PT6T)

En la serie Twin-Pac el sistema de lubricación siendo parecido toma unas rutas diferentes. El aceite se almacena caliente en el tanque, tras ser recuperado del sistema y desde ahí una bomba de presión lo bombea hacia la parte trasera, a la zona de la caja combinada, desde donde sale para el sistema de enfriamiento y regresa frío a través del filtro de aceite y sistema de bypass.

Cuando el aceite sale de la bomba, este pasa por la válvula reguladora la cual ajusta la presión con referencia a la presión deseada en la zona del filtro y con el aceite frío. Una rama del aceite regulado entra en el Oil-to-Fuel Heater (intercambiador del calor aceite/combustible) y de ahí regresa al tanque de aceite a través de un orificio regulado que provee un ajuste fino a la presión del aceite (SB 5077).

El aceite frío, tras pasar por el filtro se divide en tres ramales: uno distribuye el aceite al sistema de engranajes de la caja combinada sistema de entrada (hasta la tercera etapa de reducción) incluyendo el sistema de torque. Otro ramal lubrica los cojinetes No. 3 y 4, y a través de un sistema venturi succiona el aceite usado de estos dos cojinetes y lo echa en el fondo de la caja combinada. La tercera rama sale hacia el frente, lubricando el cojinete No.2 y más adelante al No.1 y a los engranajes de la caja de accesorios.

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DEL ACEITE

El sistema de recuperación del aceite se compone de cuatro elementos: dos internos en la caja de accesorios y dos externos en línea con los primeros.

El aceite proveniente del cojinete No.1 retorna por gravedad al interior de la caja de accesorios. El cojinete No.2 drena a través de un tubo externo al motor e ingresa de nuevo en la zona de la caja de accesorios donde una bomba interna de recuperación lo impele y tira dentro de la misma caja.

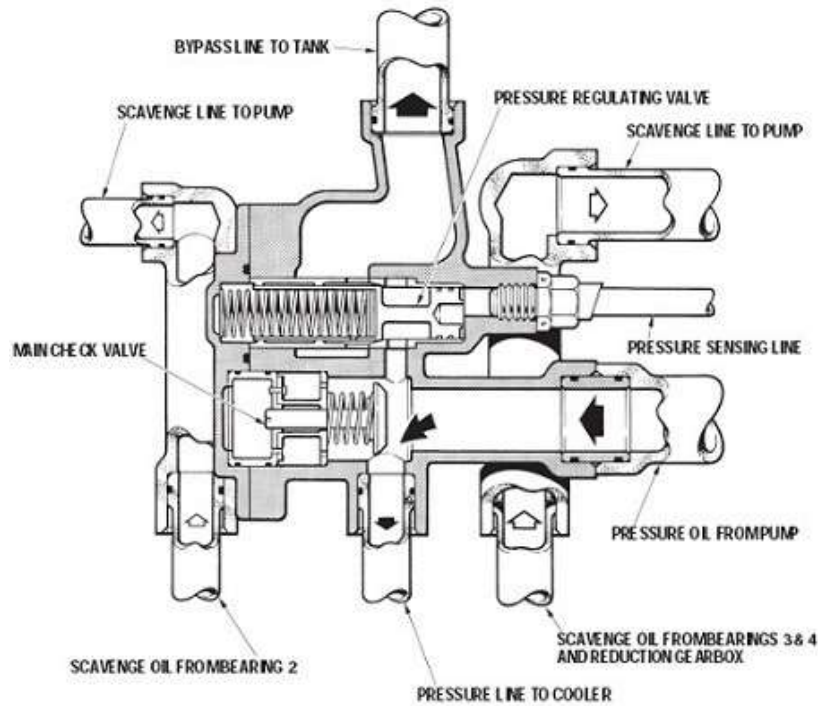
Aceite de los cojinetes No.3 y 4 se recupera a través de un tubo interno, transferencia al exterior a través de pasajes en las carcasas de la caja reductora desde donde se lleva exteriormente por un tubo hacia la parte trasera del motor y entra en la bomba frontal exterior de recuperación la cual lo manda al interior de la caja de accesorios.

Aceite proveniente del gobernador de la hélice, caja reductora, cojinete No.6 y orificio del torquímetro se recupera a través de un tubo exterior por medio de la bomba de recuperación trasera externa, la cual lo impele hacia el radiador para enfriarlo. A este aceite se le une el proveniente del interior de la caja de accesorios, el cual es recuperado por la bomba trasera interna y tras pasar por el radiador de enfriamiento todo el aceite regresa al tanque de aceite donde se reinicia el ciclo.

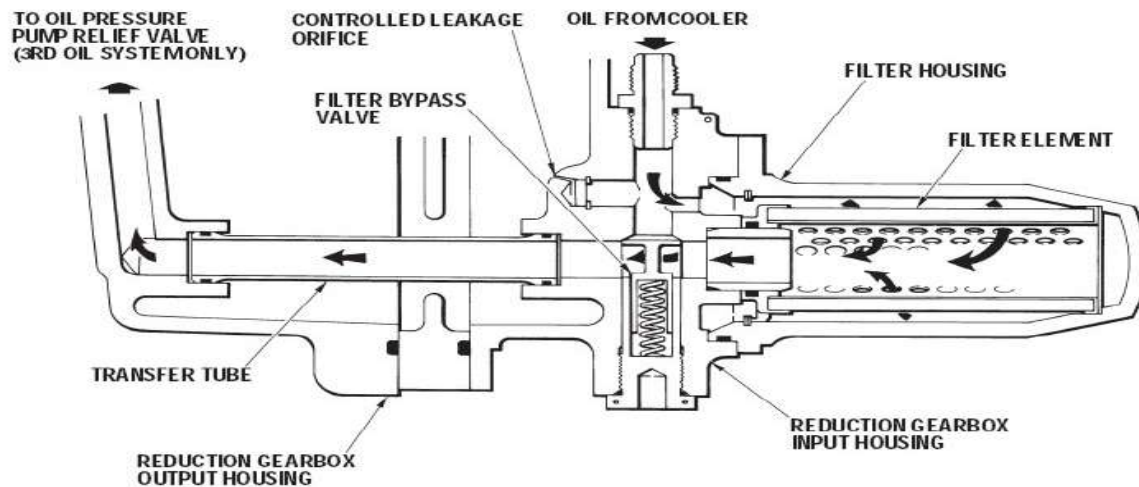


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



VALVULA REGULADORA DE LA PRESION DEL ACEITE

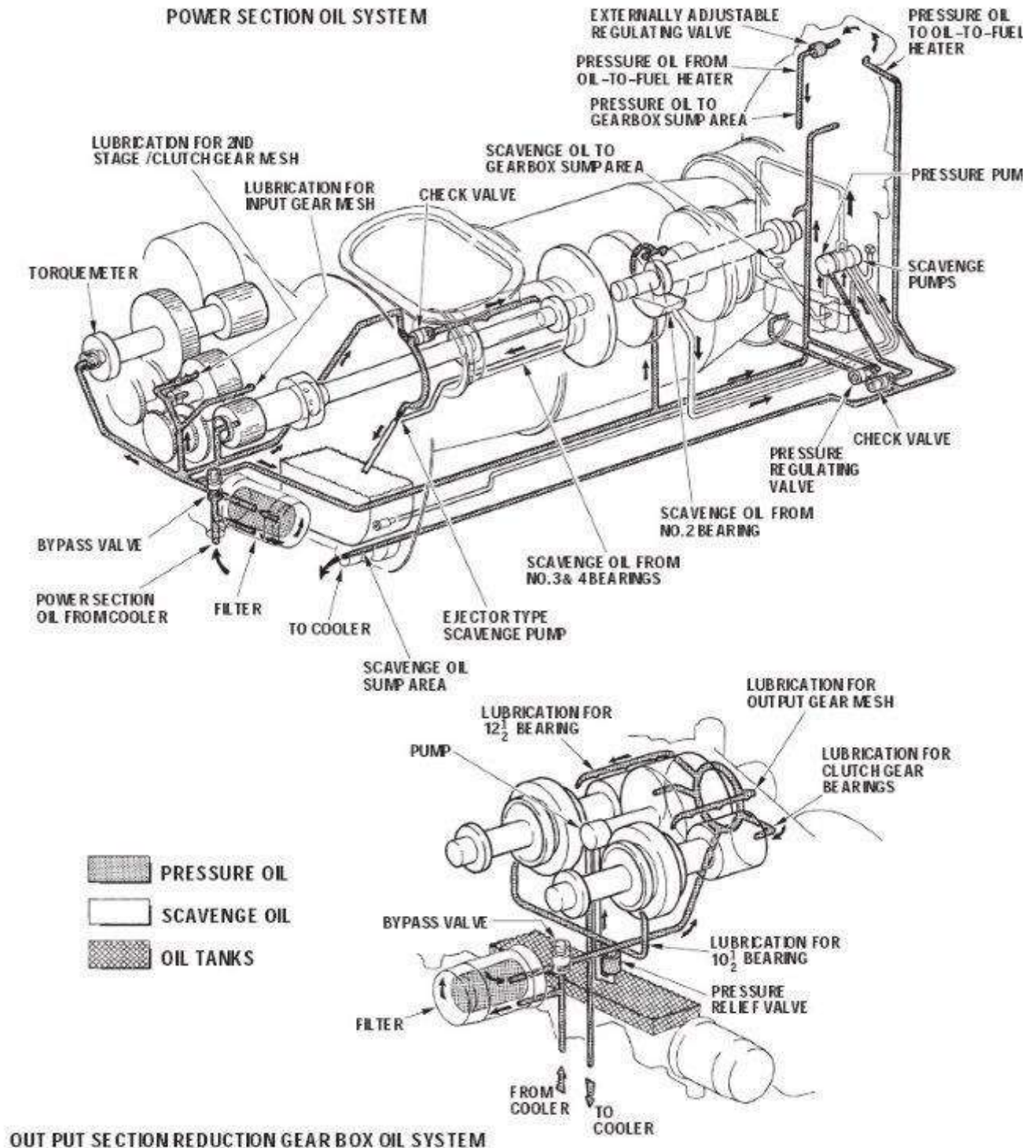


3 FILTROS DE ACEITE EN EL MOTOR TWIN PAC



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



CIRCUITO DEL ACEITE EN MOTORES TWIN PAC



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE VENTILACIÓN

Aire en el aceite proveniente de la presurización de los sellos de laberinto de los cojinetes se ventila al exterior a través de un impelente centrífugo que está situado en la caja de accesorios. Los diferentes compartimientos del motor están conectados a la caja de accesorios bien a través de conductos internos de las piezas o de tubos.

El cojinete No.1 se ventila hacia la caja de accesorios a través de pasajes internos del inlet case y un tubo interconectando este con la caja. Una válvula de derivación corriente arriba de la bomba de recuperación frontal ventila hacia la caja de accesorios cuando el motor está corriendo a alta potencia. Los cojinetes No.3 y 4 y la caja reductora son ventilados a través de la bomba de recuperación externa que envía el aceite al tanque después de ser enfriado. El emparejamiento de las presiones del tanque y caja de accesorios se realiza a través del tubo respiradero. Este sistema también evita que haya transferencia de aceite del tanque hacia la caja de accesorios durante ciertas maniobras del avión. A

su vez el tanque de aceite ventila hacia la caja de accesorios a través de su mecanismo contra sobre-llenado.

RESPIRADERO CENTRÍFUGO

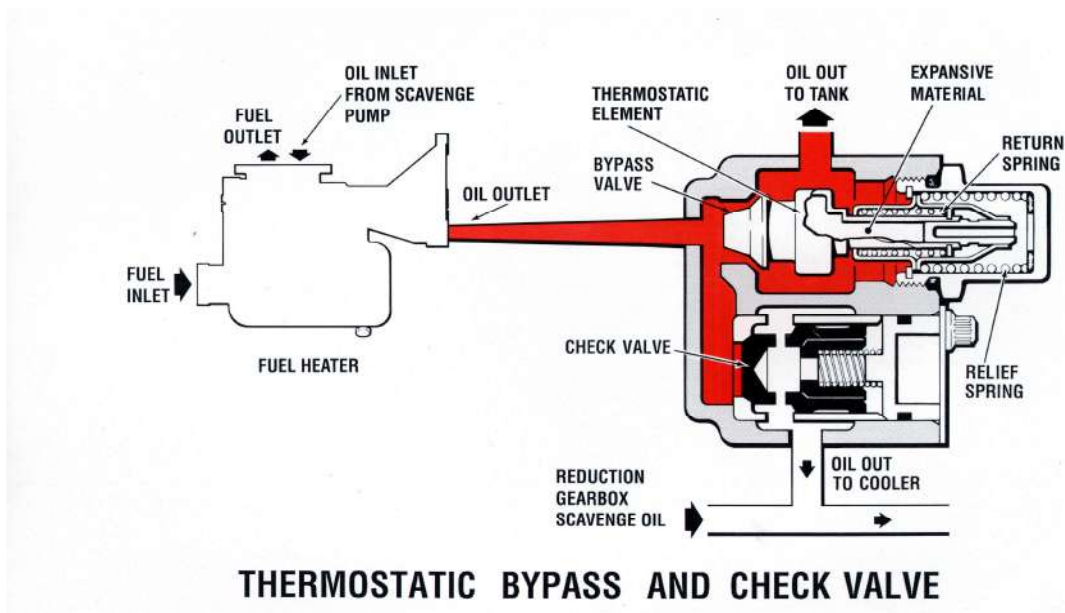
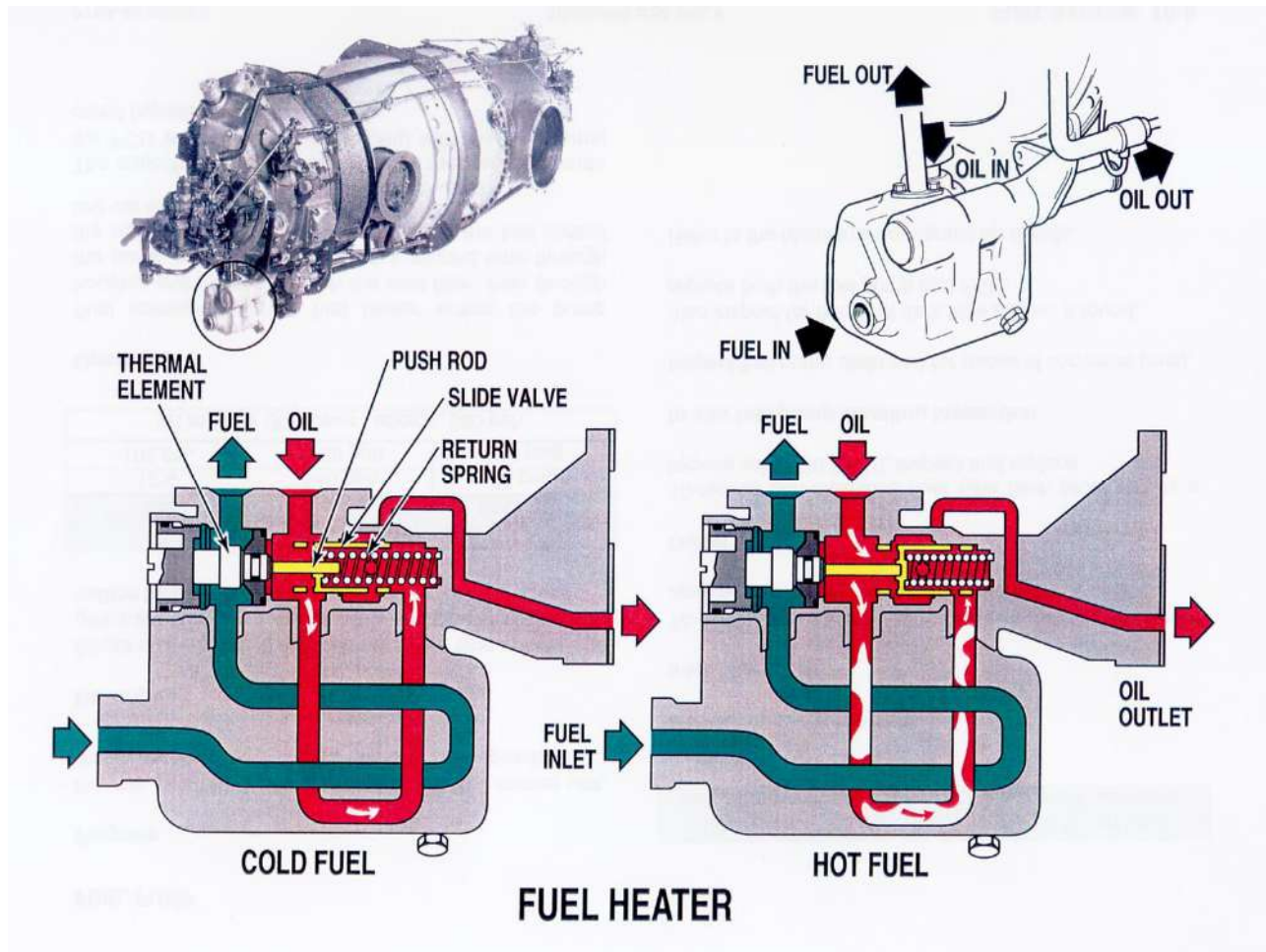
El respiradero centrífugo consiste de un impelente centrífugo colocado en la cara trasera del engranaje del motor de arranque/generador y sujeto con un aro retén y tres pasadores. El aire entra en el impelente desde su diámetro mayor y por fuerza centrífuga se separa el aire del aceite cayendo éste de vuelta en la caja de accesorios mientras que el aire pasante, relativamente libre de aceite pasa hacia adelante por el centro y a través de pasajes internos sale al exterior. Un sello de carbón en el extremo delantero evita que aceite pueda entrar en el circuito de salida.

En caso de dano en este sello de carbon se produciría un exceso de consumo de aceite, el cual se corrige tras el cambio del sello.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

CALENTADOR ACEITE/ COMBUSTIBLE (OIL-TO-FUEL HEATER)

Esta unidad utiliza la temperatura del aceite para precalentar el combustible a través de un sistema intercambiador de calor tipo radiador. En algunos modelos una válvula de presurización mínima a la entrada del calentador cierra el paso del aceite por debajo de las 40 PSI para evitar el paso de aceite cuando el motor se para en vuelo con la hélice girando por efecto molinillo. En otros modelos una válvula unidireccional y termistática a la salida del calentador evita el flujo reverso y ayuda a calentar el aceite mas rapido en frio devolviendo el aceite al tanque. Un termostato dentro del calentador regula la temperatura del combustible entre 21 y 32 C, dejándolo pasar por el radiador o dirigiéndolo directamente al exterior.

INDICADORES DEL SISTEMA DE ACEITE

La presión del aceite se mide a través de un transmisor localizado en la posición de las 3 del reloj en la caja de accesorios. La presión normal varía de motor a motor pero es alrededor de las 100 PSI. La temperatura del motor se mantiene entre 140/200F según modelo y se mide con un termopar localizado en la posición de las 4 del reloj en la caja de accesorios.

SISTEMA DE IGNICIÓN GENERAL

El sistema de ignición se compone de un excitador de ignición montado sobre un soporte en la caja de accesorios, dos cables y dos bujías que se introducen en la cámara de combustión a través del gas generador en las posiciones horarias 9 y 4.

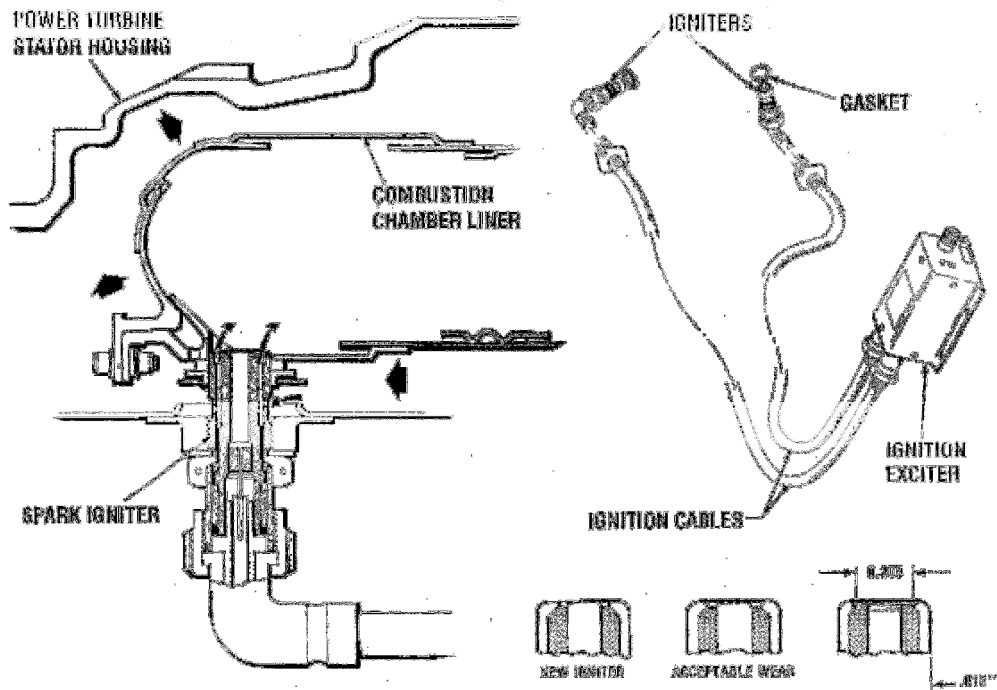
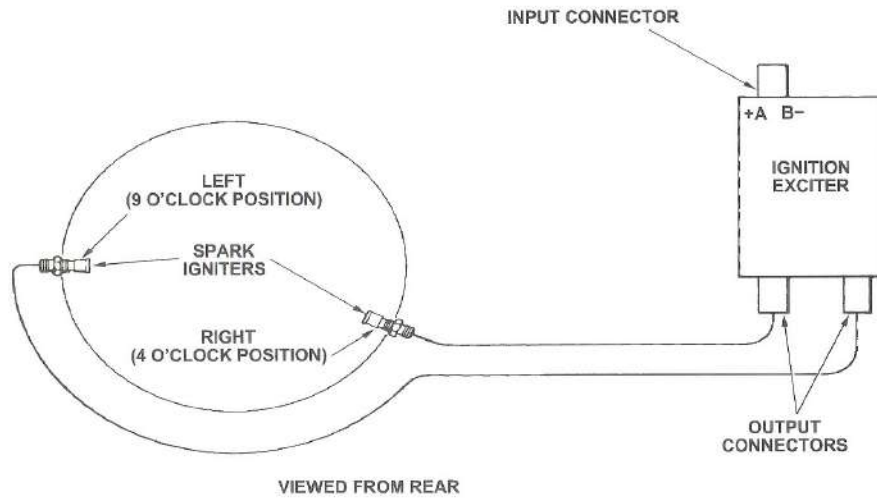
EXCITADOR DE IGNICIÓN

Convierte la corriente continua en salida de alta energía (8 KVA) a través de un circuito integrado con transformadores, diodos y un condensador. Cuando la energía en el condensador alcanza un nivel equivalente a cuatro Jules se produce un arco interno que permite que la energía sea descargada a través de un sistema doble donde cada bujía puede trabajar independientemente. Un material semi-conductor esta incorporado en la bujía como puente entre el centro del electrodo y tierra. A medida que el potencial aumenta, una pequeña cantidad de corriente pasa a través del puente. Esta corriente aumenta hasta que el aire existente en el espacio entre los electrodos se ioniza y descarga alta energía a través de los electrodos, produciendo una chispa que enciende el combustible atomizado en la cámara de combustión.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



IGNITION SYSTEM



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE (PT6A)

El sistema de control de combustible consiste de tres unidades separadas con funciones inter dependientes: la unidad de control de combustible (FCU), el gobernador de hélice y el control de arranque (SFC). El FCU determina la cantidad correcta de combustible para el funcionamiento correcto del motor en régimen estable y en aceleración / deceleración. El SFC actúa como válvula de presurización, válvula de corte de combustible y como divisor de flujo, mandando combustible a los inyectores primarios o a ambos, primario y secundario, según se requiera. El control de la hélice durante operaciones normales y de reversa se proveen por el medio del gobernador (CSU) el cual contiene también una válvula de inversión y el gobernador de la turbina de potencia (Nf). El gobernador de Nf provee protección de sobrevelocidad en la turbina durante operación normal. Durante la operación de reversa, el gobernador de la hélice esta inoperativo y el control de la velocidad de la turbina de potencia es efectuado por sección del gobernador Nf.

UNIDAD DE CONTROL DE COMBUSTIBLE (FCU) GENERAL

El FCU esta montado sobre la bomba de combustible y es girado a revoluciones proporcionales a las del compresor (Ng). El FCU determina la cantidad de combustible que necesita el motor para que este provea la potencia requerida por la palanca de mandos. La

potencia del motor es proporcional a la velocidad del compresor Ng y controlando esta se controla la potencia del motor.

SECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El FCU recibe combustible a la presión P1 proveniente de la descarga de la bomba. El flujo de combustible se establece por la acción de la válvula de inyección (meetering valve) y por la válvula de derivación (by pass). La presión del combustible después de la válvula de inyección se denomina P2. La válvula de derivación mantiene la diferencia de presión (P1-P2) esencialmente constante. El área de paso de la válvula de inyección cambia para mantener los requisitos de los niveles de potencia y lo hace de forma lineal dado que su perfil es

triangular (cónico). Si partimos del principio que $(P1-P2) = \text{Constante}$ podemos concluir que a efectos prácticos el consumo de combustible $W_f = Cte \times (\text{Posición de la válvula de inyección})$.

Externamente se puede incrementar (P1-P2) ajustando la cúpula (dome) en la parte superior del FCU la cual actúa directamente

sobre el muelle que balancea estas dos presiones en la válvula de derivación.

Paralelamente existe una válvula de alivio (relief valve) que limita la presión dentro del FCU alrededor de las 1000 psi, situación presente en casos transitorios y si la válvula de derivación fallara.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

Existe un conjunto de discos en la válvula de derivación los cuales se deforman por efectos de la temperatura del combustible y modifica la resultante (P1-P2), sirviendo este efecto como complemento al flujo de combustible dado el cambio de SG, densidad del combustible.

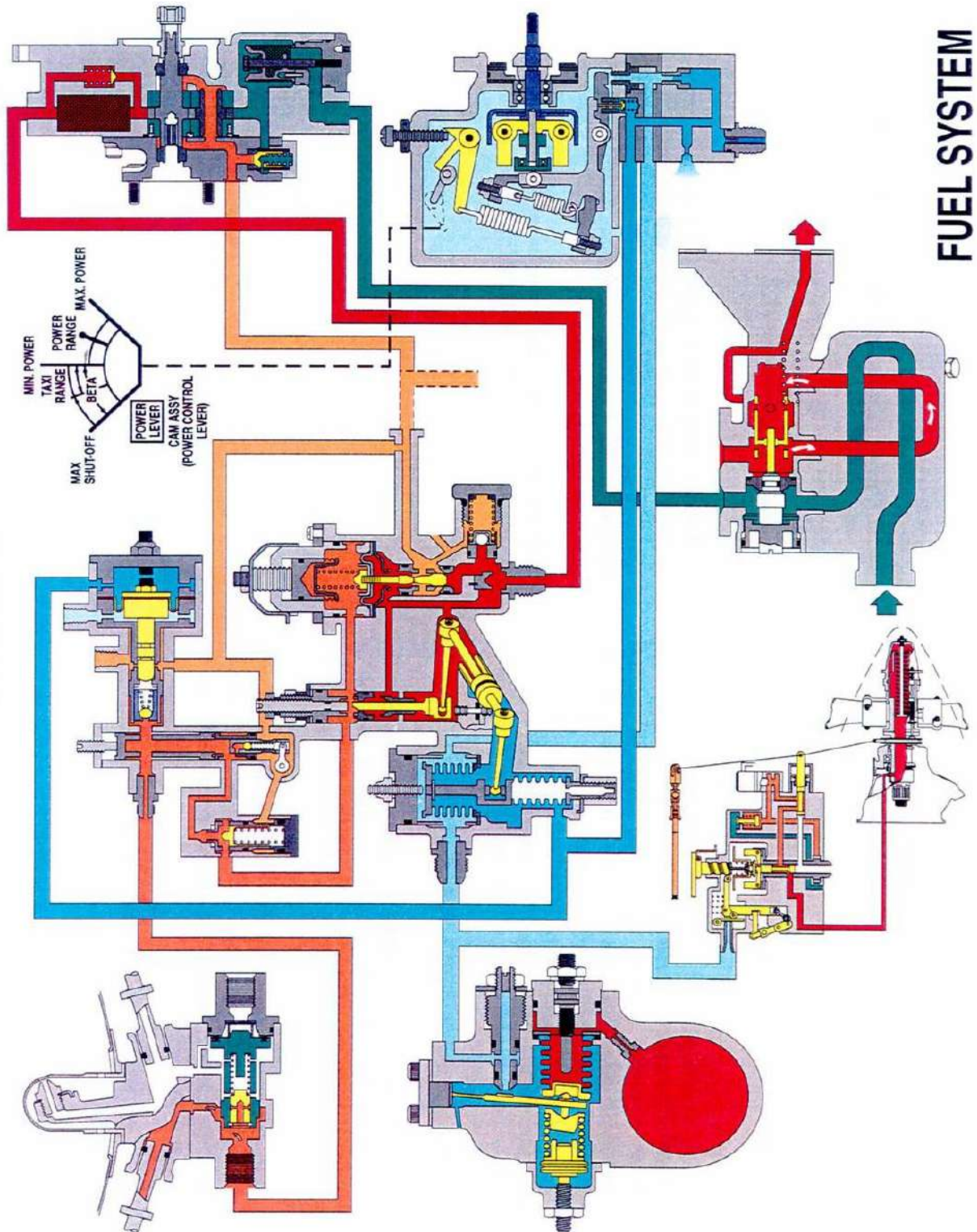
Todos los sistemas hidráulicos funcionan con exceso de liquido, unos más que otros, por consideraciones de diseño. Para que el líquido fluya libremente a su retorno, Po, se debe

crear una presión mínima en el sistema. Esta se consigue con la válvula de presurización mínima (minimum pressurising valve). Esta presión en los FCU es la apropiada para que los inyectores pulvericen suficientemente el combustible durante la operación de arranque y suele ser del orden de las 80 psi. En motores de las series -27, -28, -34, -135 la válvula de presurización se encuentra fuera del FCU, en la unidad de control de arranque SFC, mientras que los otros modelos este es parte integral del FCU.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

PALANCA DE GASES, GOBERNADOR DE VELOCIDAD Y SECCIÓN DE ENRIQUECIMIENTO

La palanca de gases incorpora una leva que presiona a otra palanca interna cuando aumenta la potencia. Esta otra palanca tiene enganchado un muelle que interconecta a su vez con la palanca del gobernador. Esta

palanca del gobernador pivotea por un eje en su centro, teniendo en el otro extremo una cara plana que tapa la salida de un orificio a la presión P_y . La palanca de enriquecimiento (no presente en todos los modelos), pivota sobre el mismo eje y tiene dos extensiones: una en forma de horquilla que por medio de un muelle pequeño proveniente de la palanca del gobernador pega una de las caras de la orquilla contra esta, y la otra actúa a la misma altura del orificio de P_y sobre una varilla acanalada que empuja una válvula plana como un sombrero a la presión P_x . La palanca de enriquecimiento tiene un brazo que sale de su parte central (forma de T) y que se apoya en una especie de mesa la cual es empujada por los dedos de dos contrapesas que giran con el eje a velocidad proporcional a las rotaciones del motor Ng. En los motores donde la acción de sangrar P_x no se utiliza, las dos palancas se convierten en una sola.

A medida que Ng aumenta, la fuerza centrífuga en las contrapesas hace que la mesa suba y empuje la palanca de enriquecimiento venciendo la fuerza del muelle pequeño al tiempo que se va cerrando la válvula de sombrero,

haciendo que la presión P_x aumente. Si Ng sigue subiendo, la palanca de enriquecimiento seguirá girando hasta que el otro lado de la

horquilla contacte la palanca del gobernador. En ese momento la válvula de sombrero estará completamente cerrada. Si Ng continua aumentando, la fuerza transmitida por la palanca de enriquecimiento a la palanca del gobernador hará que este venza la fuerza del muelle impuesta por la leva de control y en ese momento el orificio de P_y se abrirá.

FUELLES (BELLOWS)

El conjunto de fuelles se compone de un fuelle pequeño cerrado al vacío (aceleración) y de otro fuelle grande gobernador, estando ambos conectados por un eje común. El extremo del fuelle de aceleración esta unido rígidamente al cuerpo del FCU a través de una junta y una tuerca. El vacío en este fuelle provee referencia a presión absoluta y actúa como compensación a los cambios de altura. El fuelle gobernador esta sujeto al cuerpo del FCU por una pestaña en su punto medio y su funcionamiento es similar al de un diafragma. El movimiento del fuelle es transmitido a la válvula de inyección de combustible a través de una barra de torsión y dos varillas. La barra de torsión tiene un sello que separa la sección de aire de la de combustible y tiene los extremos montados sobre cojinetes y su núcleo esta sujeto con precisión por medio de dos tornillos al cuerpo del FCU.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

La presión de aire P_y se ejerce sobre el exterior del fuelle gobernador y P_x en el interior y alrededor del fuelle pequeño o de aceleración. El área de acción de P_y es mayor que la de P_x . Ambas presiones cambian según las condiciones operativas del motor. Cuando ambas presiones suben simultáneamente, como cuando el motor esta acelerando, el fuelle causa que la válvula de inyección se mueva hacia la posición de abrir. Cuando P_y decrece, como cuando N_g va alcanzando las revoluciones deseadas, el fuelle se moverá en la dirección de reducir el paso de la válvula de inyección. Cuando ambas presiones decrecen simultáneamente, el fuelle se mueve hacia la posición de cerrar la válvula de inyección la cual se detendrá contra el límite de mínimo flujo.

GOBERNADOR DE LA TURBINA DE POTENCIA (Nf)

El gobernador de la hélice, montado en la caja de reducción, contiene un gobernador de hélice (CSU), una válvula de reversible y un gobernador de la turbina de potencia, y es girado a una velocidad proporcional a la turbina de potencia (Nf). La sección del gobernador de Nf provee protección de sobrevelocidad en la turbina de potencia durante su normal operación. El gobernador de Nf recibe la presión P_y a través de una línea neumática exterior proveniente del FCU. En la circunstancia de una sobrevelocidad de la turbina de potencia, se abre un orificio por la acción de unas contrapesas centrifugas y sangra P_y a la atmosfera. Cuando esto sucede, la

presión P_y actuando sobre el fuelle del FCU se mueve hacia la posición de cerrar el paso de combustible en la válvula de inyección, con lo que se reduce N_g y consecuentemente N_f . La velocidad a la cual este orificio se abre depende de la posición de la palanca de velocidad del gobernador y de la palanca ajustadora del orificio. Normalmente el orificio se abre un 6% por encima de la velocidad marcada por la palanca del gobernador cuando la palanca de ajuste del orificio esta en su máxima posición, y aproximadamente un 4% por debajo cuando esta en su posición mínima. En reversa, las palancas interconectoras reajustan el sangrado del orificio a un punto por debajo del ajuste del gobernador de la hélice. La velocidad de la turbina de potencia N_f , y por tanto la de la hélice, es limitada por el gobernador N_f , y la potencia suministrada por el gas generator es reducida para permitir una velocidad de la hélice aproximadamente un 5% por debajo de la velocidad establecida por la palanca del gobernador de la hélice.

Cuando la palanca de control se lleva a su mínima posición, los contrapesos de la hélice y su muelle interno expulsan el aceite del servo y las palas se abanderan (feather).

La válvula BETA es operada por el sistema reversible. Movimiento hacia fuera bloquea primero el paso de aceite al servo y un poco más de movimiento lo drena. En condiciones de velocidad por debajo de lo requerido, el gobernador proveerá más presión de aceite al servo para que este baje más el ángulo de la hélice, hasta que las

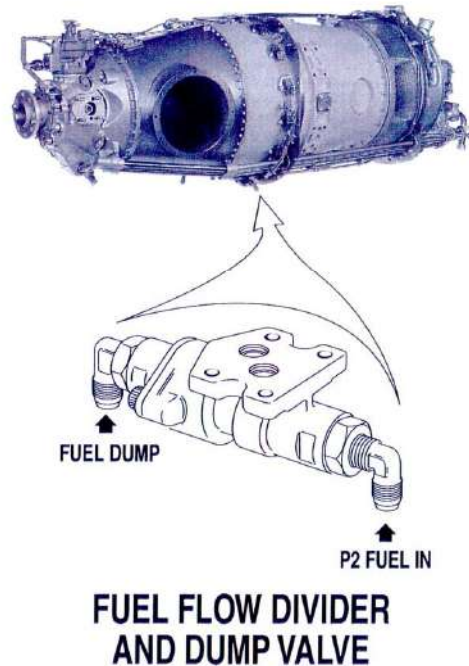
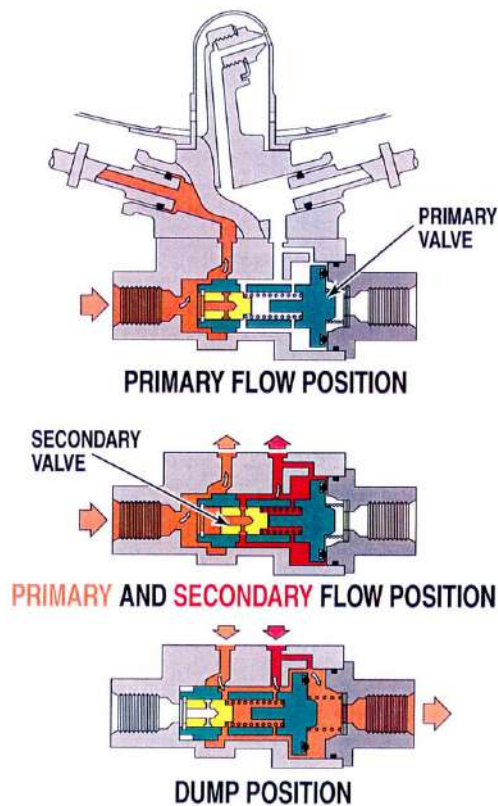


UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

palancas de feedback sacan la válvula BETA hacia fuera y bloquea el aceite hacia la hélice, evitando más cambios en el ángulo. Cuando el piloto selecciona más potencia, la hélice sale del campo de acción de la válvula BETA

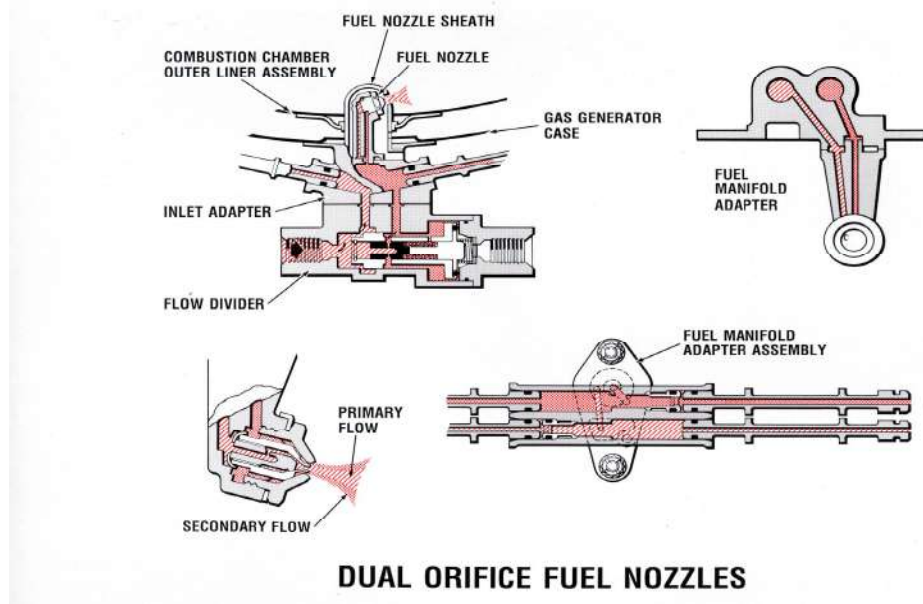
y el ángulo de la hélice aumenta para mantener la velocidad según establecida por la palanca de control del gobernador.





UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



UNIDAD DE CONTROL DEL ARRANQUE (SFC)

La unidad de control del arranque consiste de un pistón deslizante dentro de una carcasa con agujeros y pasadizos. La palanca de entrada produce un movimiento rotativo en el eje y este a través de unos dientes tipo cremallera produce el movimiento deslizante del pistón. La palanca de control tiene puntos de control a 45 y 75 grados (posición RUN) a efectos de ajustes de la palanca del piloto. En la entrada del SFC se encuentra la válvula de presurización mínima que asegura una presión mínima entre 75 y 80 PSI necesaria para una inyección apropiada de combustible. Cuando la palanca de control esta en CUT-OFF el combustible regresa a la entrada de la bomba a través de una tubería externa y pasajes dentro del FCU. Cuando se selecciona la posición de RUN el pistón se mueve y

abre el paso del combustible a la línea primaria de inyectores, la cual inicia la combustión. Cuando la presión sube entre 18 a 20 psi, la válvula de transferencia desliza un pistón y se abre la línea secundaria que completa el ciclo y el motor acelera normalmente a velocidad de ralenti (IDLE). Cuando la palanca se mueve a CUT-OFF el combustible de entrada regresa al FCU como ya se ha indicado y al mismo tiempo se abren unos pasajes para las líneas primarias y secundarias que drenan el combustible existente en las líneas, evitando que este se quede en los inyectores y se calcine por efectos del calor remanente.

REGULADOR DE COMBUSTIBLE – FCU OPERACIÓN COMPLETA ARRANQUE

El proceso de arranque se inicia con la palanca de control del FCU en la



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

posición de IDLE y la palanca de paso de combustible (tanto si hay SFC o válvula de corte en el mismo FCU) en CUT-OFF. El motor de arranque y el circuito de ignición se activan y cuando Ng obtiene la velocidad requerida,

no menos de un 12%, se abre el paso de combustible, posición RUN. La ignición se consigue en unos 10 segundos y a los 20 segundos el motor debe estar ya en IDLE.

Es importante el verificar los requisitos específicos para cada aeronave. Durante la secuencia de arranque, la válvula de inyección del FCU esta en posición de bajo flujo. Según el motor se acelera, la presión de descarga del compresor (P_c) aumenta, causando un incremento en presión P_x . Las presiones P_x y P_y aumentan simultáneamente durante aceleración. El aumento de presión es sentida en los fuelles causando que la válvula de inyección incremente el paso de combustible. Cuando Ng se aproxima a IDLE, la fuerza centrífuga de las contrapesas vence la fuerza del muelle del gobernador y se empieza a abrir el orificio de P_y . Esto crea una diferencia $P_x - P_y$ que fuerza a la válvula de inyección a cerrar el paso de combustible hasta que el flujo necesario de IDLE se alcanza.

Cualquier variación en la velocidad del motor causara un cambio en la fuerza de las contrapesas. Este cambio causara movimiento de la palanca del gobernador sobre el orificio de P_y y causara un cambio en el flujo de combustible el cual restablecerá la velocidad correcta.

ACELERACIÓN

Según se avanza la palanca de control por encima de IDLE, la leva interna actúa y tensa el muelle del gobernador el cual a su vez vence la fuerza de las contrapesas y mueve la palanca del gobernador cerrando el orificio P_y y abriendo el sombrero de la válvula de enriquecimiento P_x . Inmediatamente suben P_x y P_y causando que la válvula de inyección aumente el paso de combustible. La aceleración es función del aumento de P_x ($P_x = P_y$).

Con el aumento del flujo de combustible, la turbina del compresor se acelera. Cuando Ng alcanza un punto predeterminado (del 70 al 75%), la fuerza de las contrapesas vencen la fuerza del muelle pequeño de aceleración y el sombrero de la válvula de aceleración empieza a cerrarse. En ese momento P_x y P_y empiezan a subir y causan un aumento en el movimiento del fuelle y la válvula de inyección se abre mas, creando enriquecimiento del proceso de aceleración. Cuando la válvula P_x se cierra este enriquecimiento cesa. En este proceso Ng y Nf incrementan, y el gobernador de la hélice aumenta el paso de la misma hasta que se alcanzan las revoluciones seleccionadas y el motor produce el empuje deseado. La aceleración continua hasta que las fuerzas centrífugas de las contrapesas vencen la tensión del muelle del gobernador y abre el orificio P_y .

CONTROL

Una vez que el ciclo de aceleración se ha terminado, cualquier variación en las revoluciones del motor serán sentidas



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

por las contrapesas del gobernador y como resultado cambiara la fuerza de estos sobre el muelle del gobernador. Este cambio hace que el orificio Py abra o cierre, causando un cambio en el flujo de combustible el cual reestablecerá la velocidad del motor. Cuando el FCU controla, la válvula Py se mantiene “flotando” sobre el orificio Py.

COMPENSACIÓN POR ALTURA

La compensación por altura la hace el FCU automáticamente gracias al fuelle pequeño que esta cerrado al vacío y provee una referencia a presión absoluta. La presión de descarga del compresor es una función de la velocidad de rotación y de la densidad del aire. P_x es proporcional a la presión de descarga del compresor, así que P_x disminuirá con una disminución de la densidad del aire. Cuando el avión gana en altura, la densidad del aire es menor y el compresor tiende a acelerarse. El fuelle al vacío reacciona a la baja densidad del aire cerrando el paso de combustible y reduciendo la velocidad N_f , compensando la tendencia a aumentar por la altura.

DESACELERACIÓN

Cuando la palanca de control se retrasa, la leva interna reduce la tensión del muelle del gobernador y la válvula se Py se abre. La caída de presión Py mueve la válvula de inyección hacia su posición mínima, contra el stop de flujo mínimo. Este stop asegura el mínimo flujo de combustible para que el motor no se apague. El motor continuara decelerando hasta que se consiga un nuevo balance entre la fuerza centrífuga

de las contrapesas y la tensión del muelle del gobernador.

OPERACIÓN DE REVERSA

Empuje en reversa se puede obtener a cualquier velocidad de la hélice siempre y cuando la velocidad del avión durante el aterrizaje o carreteo no sea lo suficiente alta para que cause un efecto de molinillo al pasar por algún ángulo de paso durante la transición a reversa.

Cuando la palanca de control es movida a la posición de reversa (REVERSE THRUST), el control de ángulo de la hélice y el FCU están integrados. Llevando la palanca de control hacia la posición máxima de reversa (FULL REVERSE) aumentara N_g y el ángulo en reversa de las palas. El gobernador de la hélice se mantiene en condición de baja velocidad a través del rango de reversa, controlando la velocidad de la hélice con la sección N_f del gobernador.

Con las N_f correctas durante la operación de reversa, el orificio Py del gobernador estará parcialmente abierto, sangrando un poco la presión. Si N_f disminuye, la válvula cerrara el orificio Py, aumentando la presión y el flujo de combustible, y consecuentemente N_g y N_f . Si N_f aumenta sobre el valor seleccionado, el orificio Py se abrirá más para bajar la presión Py y el flujo de combustible.

LIMITADOR DE LA TURBINA DE POTENCIA

La porción N_f del gobernador de la hélice siente la presión Py a través de una tubería exterior proveniente del



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

FCU. Si se presenta una condición de sobrevelocidad en la hélice, el orificio P_y del gobernador se abrirá y sangrará presión P_y a través de él. Esta bajada de presión P_y actuará sobre el fuelle y moverá la válvula de inyección hacia una posición más cerrada, reduciendo el flujo de combustible y consecuentemente las revoluciones del compresor N_g .

APAGADO DEL MOTOR

El motor se apaga cortando el paso de combustible, bien en el CUT-OFF de la unidad controladora del arranque (SFC) o en el FCU, en aquellos que tengan esa configuración. En cualquier caso, bien sea por el SFC o por la válvula divisora de flujo, las líneas primaria y secundaria drenarán el combustible al exterior.

INYECTORES DE COMBUSTIBLE (FUEL MANIFOLDS)

Los inyectores de combustible suelen ser del tipo sencillo, aunque en las series -65 y -67 se han introducido del tipo duplex, primario y secundario en un solo inyector. En el tipo sencillo tenemos dos configuraciones: la primera es con los motores de las series -6 y -20 donde hay una sola línea de distribución y los 14 inyectores funcionan a la vez en todas las etapas de la operación; la segunda es con los

otros modelos, donde existen dos líneas de distribución, primaria con 10 inyectores y secundaria con 4. Los inyectores se entre unen alrededor del gas generator a través de tubos de transferencia. Se puede sacar uno a la vez.

TEMPERATURA INTER TURBINAS T5

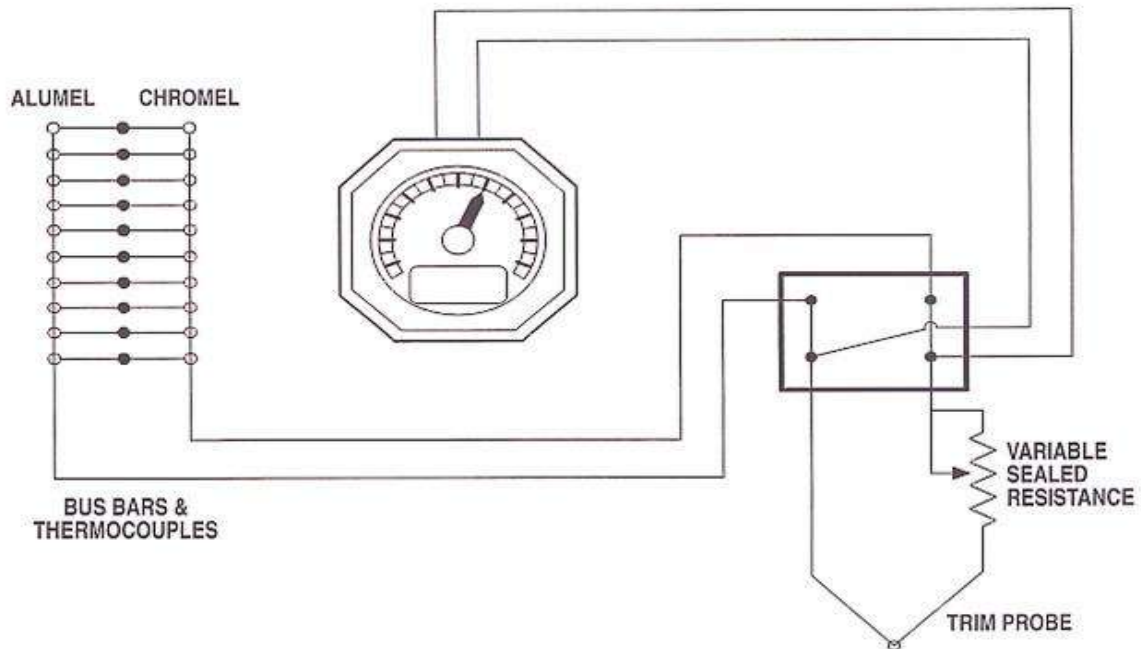
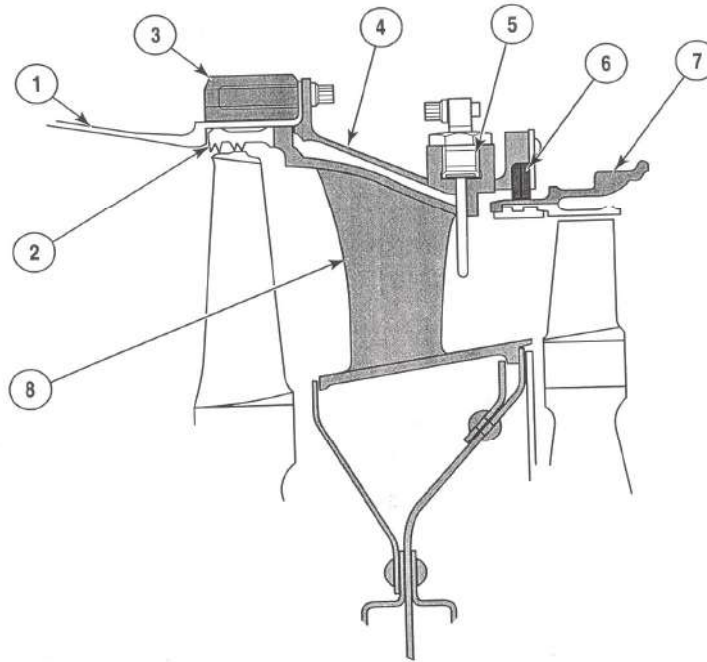
El sistema de indicación de la temperatura inter turbinas (T5) está designado para darle al operador una indicación precisa de la temperatura de los gases medida en un punto localizado entre las turbinas del compresor y potencia. El sistema consiste de dos cables, 8 ó 10 termopares y un par de aros paralelos (bus bar). Los termopares son del tipo chromel-alumel y se colocan en paralelo, siendo T5 el promedio de los termopares. El alambre de chromel es magnético y tiene la siguiente composición: 90% Ni y 10% Cr. El alambre alumel tiene la siguiente composición: 98% Ni y 2% Al.

Los termopares penetran dentro del flujo de gases a través de un agujero roscado en la carcasa de la turbina de potencia y se sitúan inmediatamente delante del borde de ataque del estator de la turbina de potencia.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



T5 SYSTEM SCHEMATIC



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

Desde el terminal del bus-bar sale un cable blindado (wiring harness) al exterior hasta un bloque terminal en el gas generator en la posición de las 2 del reloj, desde donde sale la señal para la instrumentación en la cabina. En el bloque terminal, los tornillos del cable chromel son más pequeños para evitar errores. Externamente y con conexión en paralelo se instala una varilla compensadora (trim) consistente en una resistencia de chromel dentro de un tubo de acero inoxidable que se extiende hacia atrás, hasta la malla de entrada al compresor en la posición de las 2 del reloj. La función de esta varilla compensadora es la de modificar la temperatura medida, T5, en una cantidad determinada durante el proceso de test en el banco de pruebas, teniendo en cuenta para este calculo la temperatura de salida de los gases T7t y otros parámetros del motor que dan como resultado una temperatura calculada T5D, mejor reflejo de lo que realmente esta pasando dentro del motor. Estas varillas, si hay que cambiarlas en el campo, hay que hacerlo con otra de la misma clase o valor de resistencia.

INDICACIÓN DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL ACEITE

La presión de aceite en el sistema de lubricación se toma del punto de descarga de la bomba de aceite. El inlet case tiene un agujero roscado en la posición de las 3 del reloj donde se monta el transmisor. La temperatura del aceite se toma desde otro agujero roscado debajo del agujero del

transmisor de presión, y para ello se emplea un termopar de inmersión.

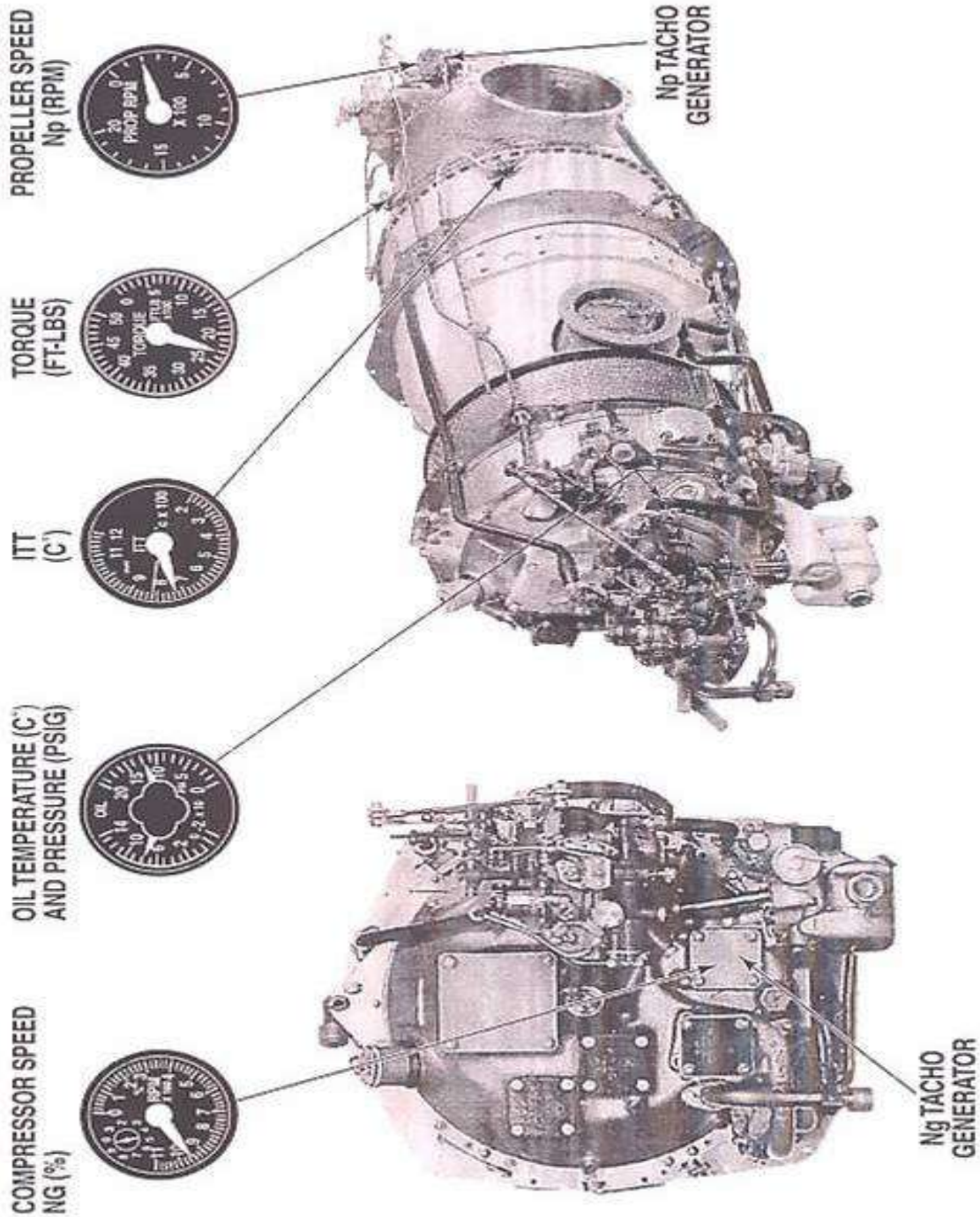
TACÓMETRO GENERADOR

El tacómetro-generator es un pequeño generador eléctrico que contiene dos polos dentro del campo magnético generado por un rotor magnético que gira a velocidad proporcional a la velocidad del compresor (o turbina de potencia). El generador produce una onda sinusoidal de un ciclo por revolución y da un voltaje de aproximadamente 21 voltios cuando gira a 4200 RPM, que es un estandar en la industria, y se la designa como 100% RPM. Contando los ciclos junto con la proporcionalidad de los engranajes sabremos las rpm del compresor y turbina de potencia.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO



ENGINE INDICATING SYSTEM



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

CAZA FALLAS

• **PROBLEMAS EN EL ARRANQUE**

1. No se observa N1 durante el arranque:
 - No llega la electricidad al motor de arranque.
 - Eje del motor de arranque roto.
 - Eje del motor de arranque desgastado.
 - No hay indicación de N1. Hay presión de aceite? Podría ser el indicador defectuoso o el eje del tacómetro roto.
 - Compresor agarrotado. Sacar el motor de arranque y tratar de girarlo a mano. Puede que sea el disco CT o el compresor. Abrir o hacer baroscopio a la sección caliente.
2. N1 insuficiente durante el arranque:
 - Insuficiente voltaje en el motor de arranque. Verificar la fuente de corriente y los cables. Están las baterías bajas?
 - Verificar el indicador de N1. Puede estar leyendo bajo o estar trabado.
 - Verificar si el compresor o el CT están rozando.
3. N1 excesivamente alto con rápida aceleración:
 - El eje de entrada de la caja de accesorios esta desconectado.
4. Arranque retardado:
 - Procedimiento inapropiado. Verificar manual de vuelo.

- Inyectores de combustible primarios/secundarios colocados en lugar incorrecto.
 - Restricción en los inyectores de combustible. Sacar y verificar flujo.
 - Aire en el sistema de combustible. Sangrar el sistema y analizar el porque de esta situación.
 - Verificar estado de las bujías. Reemplazar si fuera necesario.
 - Verificar estado del excitador de ignición. Hacerlo durante el motorizado en seco. Reemplazar si fuese necesario.
 - Verificar el voltaje en el excitador. Bajo voltaje durante el arranque puede causar un arranque caliente.
5. No alcanza a encender:
 - Técnica inapropiada. No debería ser la causa.
 - No hay combustible. Verificar si la válvula del avión esta encendida. Verificar la presión de la bomba booster.
 - Mucho aire en el sistema. Sangrar el sistema y analizar el porque de esta situación.
 - No hay ignición. Cuidado porque el motor debe estar lleno de combustible. Drenar o motorizar en seco. Reemplazar excitador y/o bujías, pero dejen que se disipe la energía de ignición.
 - Inyectores de combustible primarios/secundarios colocados en lugar incorrecto.
 - Fallo en la bomba de combustible. Verificar si tiene baja presión por filtros sucios o desgaste interno.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

- Válvula de derivación (bypass) en el FCU se quedo abierta. No es normal.
 - SFC o Flow Divider contaminados o defectuosos. Reemplazar esta unidad.
 - Restricción en los inyectores de combustible. Sacar y verifica flujo.
5. El motor arranca pero acelera muy lento a ralenti (Idle):
- Procedimiento de arranque inapropiado. Se corto la corriente al motor de arranque muy pronto. Esto puede causar arranques más calientes.
 - Línea de aire P3 restringida o con fuga. Verificar todas las líneas. Verificar estado de limpieza del filtro P3.
 - Sección neumática del Gobernador de Hélice o del Limitador de Torque con fugas. Desconectar y bloquear línea Py en el FCU y tratar de nuevo.
 - Corrosión y/o hielo en el fuelle del FCU. Reemplazar FCU.
 - FCU contaminado o defectuoso. Verifica el estado de los filtros y de la válvula de derivación.
 - FCU tiene el tornillo de flujo mínimo muy bajo. Verificar su posición y también taponar la línea Py.
 - Arranque colgado, sin llegar a ralenti. Verificar condición del SFC o Flow Divider.
 - Hélice lenta para alcanzar su velocidad. Posible roce del eje de la hélice con la manga de transferencia de aceite. Verificar sacando las tapas de los tubos de transferencia. También verificar si
- alguno de los tres accesorios es el causante del frenado.
7. Arranques calientes:
- Técnica de arranque inapropiada. Normalmente causado por dejar pasar el combustible a bajas N1 y por dejar el arranque demasiado pronto.
 - Bajo voltaje al motor de arranque. Causa baja N1 y aire con pérdida de asistencia del motor de arranque.
 - Motor de arranque deficiente. Reemplazar la unidad.
 - Aire de sangrado del motor abierto o fugando. Taponarlo y tratar de nuevo.
 - Bujías retrasadas. Verificar el sistema.
 - FCU con el tope de flujo mínimo demasiado bajo. Ajustarlo o reemplazar la unidad.
 - Restricción en los inyectores de combustible. Verificar flujo y forma del spray que puede no llegar a las bujías.
 - FCU reglado incorrectamente. Reglarlo apropiadamente.
 - Inyectores de combustible primarios/secundarios instalados en lugar equivocado. Verificar e instalar correctamente.
 - SFC o Flow Divider tienen las válvulas agarrotadas. Causa flujo incorrecto en la línea secundaria o causa desviación al drenaje.
 - Lectura de N1 errónea. Causa temprana entrada de combustible con poco N1 y poco aire.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

PROBLEMAS OPERATIVOS

1. Sobrevelocidad de la hélice (N2):
 - Gobernador de la Hélice defectuoso. Verificar estado y reemplazar si no se ajusta.
 - Sección neumática del Gobernador de la Hélice defectuosa. Reemplazar unidad.
 - Gobernador de Sobrevelocidad defectuoso. Reemplazarlo.
 - Varillado y cable de de reglaje defectuoso. Reglar correctamente
 - Indicador N2 defectuoso. Reemplazar.
2. Sobrevelocidad del compresor (N1):
 - Eje del FCU roto. Reemplazar el FCU y el eje.
 - Diafragma de derivación del FCU roto. Reemplazar FCU.
 - Válvula de derivación del FCU trabada abierta. Reemplazar FCU.
3. Hélice lenta en abanderar:
 - Gobernador de Hélice mal reglado. Ajustar correctamente. Verificar si hay contacto con el tope de abanderamiento.
 - Gobernador de Hélice defectuoso. Reemplazar unidad.
 - Hélice trabada. Verificar si el tope de las varillas de bajo ángulo están trabadas. Verificar estado de los cojinetes de las palas de la Hélice y repararlos según se necesite.
- Hélice sale lentamente o no sale de abanderamiento (30 segundos es lo normal).
- Sellos de la manga de transferencia defectuosos. Abrir RGB y reemplazar sellos.
- Gobernador de Hélice defectuoso. Reemplazar unidad.
- Gobernador de Sobrevelocidad defectuoso. Reemplazar unidad.
- Pasajes de aceite en el eje de la hélice obstruidos. Sacar hélice e inspeccionar.
- Hélice se traba. Verificar causa y corregir.
6. Alto flujo de combustible en altura:
 - Sistema de indicación defectuoso. Verificar el sistema.
 - Defectiva o mal calibrada Válvula de Sangrado del compresor. Causara T5 y N1 más altas de lo normal.
 - Fuga de aire P3. Verificar fugas de aire por la pestaña C.
7. Fuga de combustible por la ventilación del FCU:
 - La fuga se origina en la Bomba de Combustible y sale por la ventilación del FCU. Sale de color azulado tras lavar la grasa de los cojinetes del FCU. Reemplazar FCU y Bomba.
8. Vibraciones:
 - Hélice desbalanceada: Verificar si hay daños y balancear. Verificar ángulo de la hélice y su giro.
 - Compresor desbalanceado. Causara un sonido como



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

“hummm...” que si desaparece antes del 60% N1 es aceptable. Se produce en el alojamiento flexible del soporte del cojinete No.1. Verificar la existencia o no de FOD y si la Válvula de Sangrado esta cerrada.

- Turbina de potencia desbalanceada. Verificar si hay daños y balancear.

9. N1 altas:

- Verificar el sistema de indicación. Reemplazarlo si esta defectuoso.
- Compresor sucio. Realizar un lavado del compresor.
- FOD en el compresor. Verificar condición de la primera etapa del compresor.
- Válvula de Sangrado abierta a alta potencia. Causara también alta T5. Verificar calibración de la Válvula.
- Fuga de aire P3 excesiva. Verificar por fugas la pestaña C del generador de gases.

10. Aceleración descontrolada:

- Eje del FCU roto. Reemplazar el eje y el FCU.
- Diafragma de derivación del FCU roto. Reemplazar el FCU.
- Válvula de derivación del FCU trabada en posición cerrada. Reemplazar FCU.

11. Entrada en pérdida del compresor en aceleración:

- El conector del P3 al FCU no tiene el restrictor de Px instalado.
- La Válvula de Sangrado del compresor esta descalibrada o sucia. Remover y calibrar.

- FCU descalibrado proporciona demasiado combustible. Reemplazar FCU.
- FOD en el compresor. Verificar y pulir.
- Clase de los estatores de las turbinas de potencia y del compresor fuera de rango.

12. Aceleración desigual en aviones de dos motores:

- Verificar la existencia del orificio Px en los dos FCU. El más acelerado puede que no lo tenga.
- Ajuste de aceleración en el “dome” del FCU mal calibrado. Se puede ajustar 3 “clicks” a cualquier lado del básico.
- Sección neumática del FCU contaminada. Remover y mandar a calibración.

13. El motor no acelera correctamente:

- La línea P3 restringida o con fugas. Verificar condición.
- Orificio Px contaminado. Remover y limpiarlo.
- Corrosión o hielo en el fuelle del FCU. Remover el FCU para limpieza. Verificar la existencia de agua en las líneas P3.
- FCU defectuoso. Reemplazar FCU.
- Suciedad en la sección neumática del FCU. Reemplazar FCU.
- Filtro P3 contaminado. Limpiarlo o reemplazarlo. Causara también un arranque lento.

14. El motor no decelera:

- FCU desconectado o mal reglado. Reglarlo correctamente.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

- Válvula de derivación del FCU se quedo cerrada. Reemplazar FCU.
 - Varillaje de control trabado. Reparar como se necesite.
15. Apagado del motor descontrolado:
- Flujo del combustible interrumpido. Verificar si la válvula de cierre se actúo inadvertidamente.
 - Eje de la Bomba de Combustible roto o desgastado.
 - Aire en el combustible. Se había abierto el sistema anteriormente? Sangrar el aire del sistema.
 - Tope de mínimo flujo de combustible en el FCU demasiado bajo. Causa apagado durante la deceleración.
 - FCU contaminado. Verificar estado de todos los filtros. Limpiar filtros o reemplazarlos según se necesite.
16. Velocidad de ralenti (idle) incorrecta:
- Mal ajustada. Ajustar según se indica en el Manual de Mantenimiento.
 - Reglaje incorrecto. Ajustar las varillas según se considere.
 - Tope de flujo mínimo ajustado muy alto. Verificar y recalibrar.
 - Fuga de aire P3 o Py. Causara baja velocidad de ralenti. Verificar las líneas de aire por rajaduras y seguridad.
 - Varillaje del FCU trabado. Reparar y ajustar correctamente.
17. Baja potencia—Todos los parámetros Bajos:
- Instrumentos defectuosos. Verificar y calibrar los instrumentos.
 - Se ha seleccionado el Torque equivocado según las graficas. Recalcular el Torque deseado.
 - FCU reglado incorrectamente. El eje del FCU no contacta el tope de máxima N1. Reajustar varilla correctamente.
 - Fuga de aire P3 o Py. Verificar si hay rajaduras o terminales sueltos en las líneas de aire.
 - Tope de N1 en el FCU ajustado demasiado alto. Recalibrar.
 - Restricción en los inyectores de combustible. Limpiar y efectuar una verificación de flujo. Puede causar daños en la sección caliente.
 - FCU contaminado o defectuoso. Desconectar salida de combustible y verificar si hay flujo mientras se motoriza. Si no hay flujo reemplazar el FCU.
 - Suciedad en la sección neumática del FCU. Causa bajo flujo de combustible. Reemplazar FCU.
 - Filtro P3 contaminado. Restringe la señal de P3 y causara baja aceleración y reacción a los cambios de N1. Limpiar o cambiar el filtro P3.
 - Sección neumática del Gobernador de la Hélice defectuosa o mal calibrada. Taponar la línea Py en el FCU y verificar potencia. Reemplazar gobernador si esta defectuoso.
 - Limitador de Torque ajustado muy bajo. Reajustar según se necesite.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

18. Sobretemperatura:

- Instrumento fuera de calibración. Recalibrar según se necesite.
- Sistema de T5 defectuoso. Verificar si el sistema esta correcto y reemplazar lo defectuoso.
- Demasiada carga de los accesorios. Verificar por orden según se estime.
- Indicación de Torque baja. Verificar calibración de los instrumentos.

19. Limitación por temperatura:

- Instrumento descalibrado. Calibrarlo
- Torque seleccionado errado. Verificar por grafica.
- Compresor sucio. Efectuar un lavado de compresor. Sacar malla de entrada al compresor y verificar su estado.
- Excesiva carga de accesorios. Remover motor de arranque y uno a uno los otros accesorios para verificar cual esta causando el problema.
- Válvula de Sangrado descalibrada permite excesivo sangrado de aire. Sube T5 y N1.
- Compresor con FOD. Mostrara altas N1. Verificar el estado de la primera etapa del compresor por FOD.
- Fugas de aire P3. Verificar si hay fugas por la pestaña C y demás conexiones externas.
- Daños en la sección caliente. N1 bajo y T5 alto. Efectuar una inspección de la sección caliente.

20. Imposibilidad de efectuar la verificación de performance:

- Instrumentos fuera de calibración. Efectuar la calibración de los mismos.
- Torque seleccionado erróneamente de los gráficos. Repetir procedimiento.
- Compresor sucio. Causa N1 altas. Efectuar un lavado de compresor.
- Válvula de Sangrado del compresor abierta. Causara altas N1 y alta T5. Calibrar o cambiar válvula.
- FOD en el compresor. Verificar estado de la primera etapa del compresor.
- Sistema T5 defectuoso. Normalmente causa una señal de T5 inferior a la que existe. Verificar sistema.
- Fugas de aire. Verificar si hay fugas en la pestaña C o en las conexiones externas del aire P3.
- Daños en la sección caliente. Excesiva luz entre segmentos y álabes de la turbina. Causa alta T5 y bajas N1.
- Clase del estator de la turbina modificado por el calor. Necesita calibración en banco.

21. Baja N1 y alta T5:

- Efectuar una inspección de la sección caliente.

22. Baja presión de aceite:

- Bajo nivel de aceite. Rellenar cuanto se requiera.
- Sistema de indicación defectuoso. Verificar sistema.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

- Válvula de ajuste de presión defectuosa. Tal vez se trabó abierta. Sacarla y corregir problema o reemplazarla.
- Fuga interna de aceite. Puede causar humo, olor y alto consumo de aceite.
- Rotura del escudo de calor en el conducto de salida de los gases. Recalienta el aceite de la sección de potencia hasta el punto en que el enfriador de aceite no puede compensar. Puede crear carbón en el aceite y bloquear inyectores.
- La presión de aceite sube con las N1. Chequear la bomba de aceite por rajaduras o excesiva tolerancia con los engranajes.
- No hay presión de aceite. El filtro de aceite se ha instalado al revés o la válvula de ajuste de presión se ha soltado.

23. Alta presión de aceite:

- Sistema de indicación defectuoso. Verificar sistema.
- Válvula reguladora de presión desajustada. Sacar y reemplazar o ajustar.

24. Alta temperatura del aceite:

- Insuficiente cantidad de aceite en el tanque. Verificar y rellenar si fuera necesario.
- Sistema de enfriamiento defectuoso. Inspeccionar enfriador del aceite por bloqueo.
- Demasiado tiempo con el motor al ralenti y con la hélice abanderada. Reduce el volumen de aire al enfriador del aceite.
- Rotura del escudo de calor en el conducto de salida de los gases.

Recalienta el aceite de la sección de potencia hasta el punto en que el enfriador de aceite no puede compensar. Puede crear carbón en el aceite y bloquear inyectores.

25. Excesivo consumo de aceite:

- Fuga externa. Reparar el daño.
- Restricción de las líneas de recuperación desaceite. Revisar y desbloquear. Causa inundación de los alojamientos de los cojinetes y engranajes.
- Empaque defectuoso en el alojamiento del filtro. Verificar y reemplazar.
- Malla de entrada en la bomba de recuperación interna en la caja de accesorios bloqueada. Verificar si hay carbón en la malla y limpiarla. Este carbón se genera en el cojinete No.3.
- Sellos de laberinto desgastados. Verificar la existencia de aceite en la entrada del compresor y en el conducto de salida de los gases. Fuga en el cojinete No.1 dejara la entrada del compresor húmedo de aceite. Fuga por el cojinete No.2, lado de la turbina, producirá humo en el arranque. Si la fuga es por el lado del compresor se olerá el aceite en la cabina.
- Fuga en el Intercambiador de Calor, aceite/combustible. Por la diferencia de presiones el aceite migrara hacia el sistema de combustible donde se quemara. Reemplazar unidad.
- Demasiado aceite por el respiradero. Sello de carbón defectuoso. Reemplazarlo.



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

- Empaque del tubo central del tanque de aceite dañado. Reemplazarlo.
 - Empaques de los tubos de presión o recuperación del cojinete No.1 defectuosos. Reemplazar.
 - Válvula unidireccional del alojamiento del filtro de aceite defectuosa. Normalmente el aceite migrara a la caja de accesorios. Se dice que el motor “esconde” el aceite. Tras un motorizado el aceite regresa al tanque. Reparar válvula.
 - Sistema sobrellenado. Mantener el nivel correcto y poner atención al punto anterior.
 - Si el consumo sobrepasa los límites retornar el motor al taller de overhaul.
26. Excesiva descarga de aceite por el respiradero:
- Sistema esta sobrellenado. Verificar.
 - Sello de carbón del engranaje de respiración defectuoso.
 - Mucha presión de retorno. Verificar si hay restricciones en los tubos de retorno y enfriador del aceite.
27. Fluctuación en la presión de aceite:
- Insuficiente aceite en el tanque. Verificar y rellenar. Analizar causa del consumo.
 - Sistema de indicación defectuoso. Verificar condición.
 - Filtro de aceite restringido y en derivación. Suciedad puede bloquear los inyectores de aceite.
- Válvula reguladora de presión defectuosa. Verificar y arreglar.
28. Fuga de aceite en la entrada del compresor:
- Empaques defectuosos en los tubos del tanque de aceite.
 - Empaques defectuosos en el alojamiento del filtro de aceite. Reemplazar.
 - Desgaste del sello de laberinto del cojinete No.1. Reemplazar en el taller de overhaul.
29. Fuga de aceite por el drenaje del compresor (estático):
- Empaque defectuoso en el drenaje del cojinete No.2.
30. Fluctuaciones—Todos parámetros:
- Instrumentos defectuosos. No es lo usual.
 - Varillaje de control suelto. Verificar y ajustar correctamente.
 - Sección neumática del Gobernador de Hélice o Limitador de Torque fluctuantes. Taponar la línea Py del FCU y verificar si aun fluctúa. Repara según se necesite.
 - Fuga de combustible en la Bomba ha causado daño en los cojinetes del FCU y están a punto de romperse. Reemplazar ambas unidades.
 - Acople del FCU a la bomba defectuoso. Reemplazar.
 - Desalineamiento de la bomba con el FCU. Soltar las tuercas y realinear. Tratar de nuevo para verificar su corrección.
 - Sección neumática del Gobernador de la Hélice o del



UNITED TURBINE

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

limitador de Torque defectuosos.
Taponar la línea Py en el FCU y verificar si corrigió

el problema. Reemplazar la unidad defectuosa.

- Verificar condición del acople P3.
- Válvula de Sagrado del compresor no asienta correctamente y oscila. Producirá oscilaciones de N1, T5 y Torque. Verificar condición de la válvula.

- Cargas diferentes en los motores. Verificar
- El tope ajustable de ángulo bajo de las hélice ajustado de forma diferente.
- Los espacios "Z" ajustados diferente. Verificar ángulos de la Hélice.

31. Oscilaciones de la Hélice y Torque:

- Verificar si el varillaje esta suelto. Rectificar.
- Gobernador de Hélice defectuoso. Reemplazar.
- Gobernador de Sobrevelocidad defectuoso. Tapar líneas y verificar. Si se corrige el problema reemplazar el gobernador.
- Hélice se traba. Verificar si las varillas de ángulo mínimo están rozando o se pegan. Verificar condición del muelle de abanderamiento. Reemplazar unidad.

32. T5 alta, Hélice baja en ralenti alto:

- Angulo de la pala ajustado incorrectamente. Corregir ángulo.

33. Los motores aceleran en reversa desfasados:

- Las varillas de interconexión de los FCU no están de la misma longitud. Ajustar apropiadamente.

34. Las Hélices no incrementan las RPM de forma pareja: