

BANCO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBA DEL SISTEMA APU DE AERONAVES
DE ALA FIJA Y ALA ROTATORIA

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se relaciona con un banco diagnóstico y pruebas de la unidad de potencia auxiliar (APU por sus siglas en inglés), el cual permite una serie de pruebas de chequeo operacionales a los componentes de dicho sistema en las aeronaves de ala rotatoria y de ala fija (sin limitación), en donde el banco de pruebas y diagnóstico está conformado por un módulo de operación, control y monitoreo, una pantalla táctil donde se muestra la interfaz gráfica para el funcionamiento del banco, y un panel de control análogo que cuenta con interruptores de control e indicadores para el funcionamiento del mismo.

Así mismo, el banco está diseñado para realizar diagnóstico y pruebas al sistema de APU de una aeronave de ala rotatoria, específicamente un helicóptero UH-60, el cual lee y analiza parámetros de cada componente y realiza un barrido al sistema eléctrico antes del encendido, permitiendo al operario descubrir fallas antes de la operación, permite realizar el encendido de la APU desde una pantalla táctil o desde un dispositivo portátil (tal como una tableta), e indica el procedimiento que debe seguir el técnico para solucionar la falla detectada. Además, durante la operación permite monitorear en tiempo real los parámetros de operación y de modo automático detener la prueba en caso de detectar el sobrepaso de los límites o parámetros establecidos. Adicionalmente, el banco de prueba permite generar un reporte donde indica la fecha y hora de la prueba, los resultados de la misma y el nombre de quien realizó el procedimiento de prueba, número de orden de mantenimiento y unidad militar operativa.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las diferentes fuerzas armadas con la que cuenta un país, posee una pluralidad de aeronaves para cumplir las diferentes misiones en todo el territorio, bien sea de transporte o incursión, y dependiendo de la operación, el terreno y otros factores, se selecciona una aeronave adecuada para llevar a cabo dicha operación.

Una de las aeronaves más utilizadas en el mundo es el helicóptero de serie UH-60, denominado comúnmente como "Black Hawk", el cual presenta una gran versatilidad para todo tipo de operaciones y cuenta con una muy buena capacidad de carga, al tiempo que su maniobrabilidad es adecuada para poder ser usado en diferentes tipos de terrenos y por ende, de las misiones asignadas. Por lo tanto, se hace necesario realizar labores de mantenimiento constante, asegurando el correcto funcionamiento y la sostenibilidad de la aeronave, evitando comprometer la integridad de tripulación y la aeronave.

A lo largo de su vida útil y en el territorio que operan, se presentan diversidad de factores que afectan el correcto funcionamiento de los sistemas de vuelo de los helicópteros, específicamente de UH-60; estas fallas pueden presentarse por desgastes de componentes, daños en batalla o circunstancias atmosféricas como la salinidad y humedad, afectando los componentes eléctricos y electrónicos de la APU, induciendo fallas en los sistemas de respaldo de "BACKUP", sistema eléctrico AC y el sistema neumático ocasionando que la aeronave quede en tierra.

Así las cosas, en el estado del arte existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con este para llevar a cabo mantenimiento y/o pruebas de componentes aeronáuticos esenciales para la aeronave, dentro de los que se encuentra el documento CN 203081826 que divulga un probador de ventilador

enfriador de una APU en una aeronave civil, el cual comprende un actuador, un sistema de control, un sistema de lubricación de potencia, un sistema de presurización de suministro de aceite, un sistema de enfriamiento y un sistema de prueba de vibración, en donde un acoplador se dispone entre el actuador y un ventilador, el actuador se conecta con el ventilador a través de un conector, el sistema de control se conecta con el actuador y controla la operación del actuador, el sistema de lubricación de potencia se conecta con el actuador y suministra aceite de lubricación al actuador.

Sin embargo, el documento previamente mencionado presenta la desventaja que no permite hacer la medición de todo el sistema APU de una aeronave sino que únicamente se enfoca en la revisión y/o reparación de un ventilador específico, lo cual limita su aplicación y no resuelve los problemas existentes en el estado del arte.

Finalmente, comercialmente se encuentra disponible un equipo que permite monitorear y simular señales de voltaje de entrada y salida en aeronaves, específicamente para el APU, en donde dicho equipo se conoce como H296B-3 APU Test SET de Howell Instruments, el cual simula la secuencia de encendido de la APU a la unidad de secuencia electrónica ESU, la cual es una computadora que permite y controla el encendido de la APU. Este equipo permite al operario simular la secuencia de encendido para determinar si la ESU tiene un problema de encendido, limitando las pruebas a un solo componente e indicando únicamente su reemplazo.

No obstante lo anterior, existe una serie de técnicas para llevar a cabo las labores de mantenimiento, reparación y pruebas en varias partes y/o componentes de las aeronaves, específicamente de la APU, en donde estas reparaciones y pruebas

deben ser realizadas por personal altamente calificado y con equipos especializados y certificados, que permitan dar un diagnóstico correcto del estado operacional del componente, al presentar falla deben ser desmontados de la aeronaves y enviados a los talleres aeronáuticos especializados y certificados en dichas reparaciones en Colombia y el exterior, hecho que representa un alto costo de mantenimiento, al tiempo que requieren que la aeronave esté fuera de servicio, es decir en tierra, durante un tiempo estimado de 6 a 12 meses, el tiempo que se toma el envío del componentes al taller especializado y su retorno al país.

De acuerdo con lo anterior, es claro y evidente que en el estado del arte existe una necesidad por diseñar e implementar un sistema o equipo que permita realizar diagnóstico y pruebas en los múltiples componentes que forman parte del sistema de APU, sin requerir envíos de los componentes al exterior, con el fin de adquirir la capacidad de realizar estas tareas de mantenimiento localmente, optimizando los costos y tiempos de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención hace referencia a un banco de diagnóstico y pruebas para el sistema de la unidad auxiliar de potencia APU de una aeronave de ala rotatoria, sin limitación, es decir, para cualquier aeronave de este tipo, en donde el banco de pruebas está diseñado para efectuar el chequeo operacional de los componentes que forman parte del sistema de la APU de dichas aeronaves, en donde el banco está caracterizado por comprender las siguientes partes o componentes:

- * Un módulo de control y monitoreo de la APU que cuenta con un controlador en tiempo real, donde este permite al usuario controlar la operación y

monitorear los parámetros de cada componente antes durante y después de la operación.

- * Una pantalla táctil donde se muestra la interfaz gráfica para el funcionamiento del banco, con el fin de realizar el control digital de encendido, apagado y monitoreo de la APU.
- * Una caja de control análoga que permite al usuario tener el control individual de la operación de encendido, apagado y prueba de válvulas como la de arranque.
- * Un enrutador el cual permite la comunicación y control del banco de pruebas por medio del dispositivo portátil.
- * Un sistema e interfaz que corresponde al diagrama en bloque del sistema de control, monitoreo, proceso de adquisición de datos, procesamiento y visualización digital del banco de diagnóstico y pruebas de APU.

Así las cosas, en una modalidad preferida, el banco de diagnóstico y pruebas de la presente invención tiene una estructura de soporte que está diseñada en una mesa metálica para soporte de los componentes y sistemas de control. En una modalidad, la estructura de soporte es fabricada en un material de alta resistencia, preferiblemente de acero al carbón.

De otra parte, el sistema de la invención presenta una serie de parámetros técnicos que permiten realizar las pruebas y el diagnóstico de los elementos del sistema de la APU , para lo cual es necesario que dicho banco de pruebas tenga una entrada de voltaje de 120 V AC a 60 Hz, con voltajes de salida de 115 V AC y 28 V DC, todo con una frecuencia de 400 Hz, en donde el amperaje manejado en corriente alterna es de 4.7 A, mientras que en corriente directa es de 2.0 A. Así mismo, el banco cuenta con salidas de voltaje DC de 5, 12 y 28 V, lo que permite

hacer pruebas sobre una serie de elementos electrónicos que funcionan con dicho voltaje.

De acuerdo con lo anterior, el principal objetivo de la presente invención es llevar a cabo diagnóstico y pruebas para facilitar la reparación de los componentes que integran el sistema APU en los helicópteros (sin limitación, es decir, cualquier tipo de aeronave de ala rotatoria), especialmente en los UH-60, como son la Unidad de Potencia Auxiliar (APU), la Unidad de secuencia Electrónica (ESU), el Generador de la APU, la Bomba Hidráulica (BACK UP), el Motor AC de la Bomba Hidráulica, el Acumulador, la Válvula de Arranque, Transformadores de corriente, la Válvula Solenoide, Relé Electromagnético, Interruptor de presión, y Contactor Eléctrico.

Así mismo, el banco de pruebas de la presente invención cuenta con una serie de ventajas sobre las tecnologías existentes, las cuales se basan en temas de eficiencia en diagnóstico, chequeo operacional y funcional de los componentes del sistema APU en tiempo real. Del mismo modo, hay ventajas en productividad ya que aumenta el porcentaje de disponibilidad de componentes para la operación de la aeronave. En términos de costos, las ventajas se ven reflejadas en que el mantenimiento, calibración y sostenimiento del banco de diagnóstico y prueba, equipos de apoyo y complemento es realizado por el personal de metrología y especialistas de aviónica con el que se cuenta en las plantas de mantenimiento, sin requerir el envío de los componentes al exterior. Además, hay una ventaja muy importante en temas de calidad, ya que el diseño del banco de la invención es modular y escalable resistente a exigencias laborales de tipo industrial.

Ahora bien, el banco de pruebas o sistema de la presente invención además cuenta con una interfaz interna que permite la operación de la misma, la cual se basa en un método para su operación, por máquina de estados, que comprende

los siguientes pasos, los cuales comienzan con un primer proceso de chequeo o revisión:

- a) Inicializar variables y componentes, en donde este es el paso inicial de definir todas las variables involucradas en cero, es decir, hacer un reinicio completo para el uso del banco de pruebas y resetear la interfaz con el operario para empezar un nuevo ciclo de medición.
- b) Medir el nivel de la batería, en donde este paso se realiza antes de cualquier paso del método, como se definen a continuación, en donde dicho paso se lleva a cabo por medio de una tarjeta de adquisición de datos que mide el voltaje en la batería, tomando en consideración una tolerancia de $\pm 10\%$ el valor adecuado de operación. Si se cumple con el valor adecuado de operación de la batería se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- c) Medir la válvula reforzadora de combustible (Boost) por medio de la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- d) Medir la válvula de corte (ShutOff) mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- e) Medir el voltaje del reservorio hidráulico o acumulador de acuerdo con los parámetros de operación de la aeronave. Si se cumple con el valor de

medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.

A partir de este punto comienza la operación interna del banco de pruebas, donde se llevan a cabo una pluralidad de mediciones, en donde se tienen los pasos de:

- f) Medir la válvula de inicio del acumulador mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- g) Medir la válvula de inicio (Main) mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- h) Medir la válvula de inicio (Start) mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- i) Medir la válvula de inyección máxima de combustible mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se

muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.

- j) Medir la válvula de paso de aire de la APU (APU Source) mediante la medición de la resistencia en Ohmios de acuerdo con los parámetros definidos por el fabricante, con una tolerancia de $\pm 10\%$. Si se cumple con el valor de medición adecuado se continúa con el siguiente paso, si no se cumple se muestra un mensaje de alarma al operario para tomar las medidas respectivas.
- k) Dar arranque al banco de pruebas de la APU.
- l) Iniciar la energización con la batería, es decir, entregar potencia o energía a todo el sistema del banco de pruebas de la APU, donde este inicio se muestra en la interfaz con el usuario mediante un bombillo de iluminación que indica que ya se ha realizado el proceso.
- m) Iniciar el flujo de combustible por las válvulas.
- n) Activar el inicio automático de Control de la APU, en donde se hace un inicio secuencial de las válvulas del sistema y se tiene el siguiente sub-proceso, en donde cada una de las etapas de dicho sub-proceso se muestra mediante un bombillo que alumbra cuando se lleva a cabo dicho paso en la interfaz con el usuario indicando los valores en porcentaje de operación como se definen a continuación (0%, 5%, 14%, 70%, 90%, $90\%+1.5$):
 - i. Liberar la potencia hidráulica del acumulador (0%).
 - ii. Inyectar el combustible mediante la válvula principal (MAIN) al 5% con combustión mediante bujías.
 - iii. Liberar al combustible por medio de la válvula de inicio (Start) al 14%.
 - iv. Liberar al combustible de forma completa mediante la válvula de máxima operación (MAX) al 70%.

- v. Esperar 3 segundos para operación al 90% del sistema.
- vi. Operar el banco de forma completa al 90% + 1.5 segundos, en donde esta operación es llevada a cabo a través de la ESU (Unidad de secuencia electrónica) mediante una secuencia de arranque.
- o) Luego de iniciada la APU y estar funcionando al 100%, se activa un medidor de temperatura de la APU, el cual mide en °C.

Si en algún momento se llega a presentar un problema o inconveniente con la operación de la APU, se cuenta con un estado de emergencia (STOP), el cual se activa de forma automáticamente si alguna válvula no tiene el funcionamiento adecuado, y cuando dicho estado es activado, se desenergiza todo el sistema y se apagan todas las válvulas, evitando problemas mayores en la APU o los operarios que están realizando las pruebas.

Ahora bien, en la interfaz de usuario se cuenta además con un botón de apagado de la APU, en donde al activar dicho botón se procede a realizar el siguiente método de apagado, en donde el apagado se realiza de forma controlada quitando el voltaje a cada una de las válvulas involucradas en el sistema:

- a) Apagar la válvula de fuente APU (APU Source).
- b) Apagar la válvula de control
- c) Apagar la operación de 90% + 1.5 segundos.
- d) Apagar la operación de 90%.
- e) Apagar la operación de 70%.
- f) Apagar la operación de 14%.
- g) Apagar la operación de 5%.
- h) Apagar la válvula de flujo de combustible.
- i) Desenergizar la batería para el apagado total del banco de pruebas.

Así las cosas, mediante el método descrito anteriormente se obtiene una operación adecuada del banco de pruebas de la presente invención, al tiempo que se tiene una visualización adecuada con la interfaz de usuario de modo que el operador siempre está en control de la operación del banco de pruebas y del funcionamiento de sus componentes. Así mismo, se tiene un proceso para apagado que es automático pero controlado, y permite que se apague todo de forma secuencial y se eviten inconvenientes con los componentes de una aeronave que se están probando.

Aunque la anterior descripción se ha definido como un banco de pruebas para ser usado en el diagnóstico y pruebas de partes de la aeronave UH-60/S70i denominada como "Black Hawk", la presente invención no se debe limitar a dicha aeronave particular, por el contrario se debe considerar que es aplicable a cualquier aeronave de ala rotatoria, sin limitación. Por lo tanto, la anterior descripción simplemente define las modalidades preferidas de la invención, pero el alcance de la protección está dado únicamente por las reivindicaciones adjuntas, en las cuales se pueden plantear modificaciones o variaciones a los elementos, sin salirse del alcance de la invención, así como las aeronaves en las que se utiliza el banco de pruebas que no tiene ningún tipo de limitación, como se indicó anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un banco de diagnóstico y pruebas para la unidad auxiliar de potencia (APU) en una aeronave de ala rotatoria, caracterizado porque comprende:
 - * un módulo de control y monitoreo de la APU que cuenta con un controlador en tiempo real de la operación y monitoreo de los parámetros de cada componente antes, durante y después de la operación;
 - * una pantalla táctil de interfaz gráfica;
 - * una caja de control análoga de control individual de la operación de encendido, apagado y prueba de válvulas como la de arranque;
 - * un enrutador de comunicación y control del banco de pruebas por medio del dispositivo portátil; y
 - * un sistema e interfaz que corresponde al diagrama en bloque del sistema de control, monitoreo, proceso de adquisición de datos, procesamiento y visualización digital del banco de diagnóstico y pruebas de APU.
2. El banco de diagnóstico y pruebas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el banco tiene una estructura de soporte en una mesa metálica.
3. El banco de diagnóstico y pruebas de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque el material metálico de la mesa es de alta resistencia, a temperaturas extremas.
4. El banco de diagnóstico y pruebas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el banco presenta una entrada de voltaje mínima de 120 V AC a 60 Hz, con voltajes de salida de 115 V AC y 28 V DC, todo con una