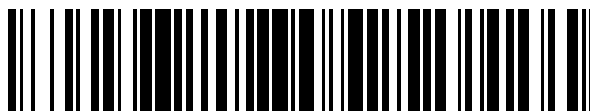


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 874**

51 Int. Cl.:

**G05D 1/02** (2006.01)

**G05D 1/00** (2006.01)

**B64C 39/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2003 E 03445131 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 1462898**

54 Título: **Navegación mediante puntos de referencia**

30 Prioridad:

**27.03.2003 SE 0300871**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**26.03.2018**

73 Titular/es:

**SAAB AB (100.0%)  
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:

**CARLSSON, CARL-OLOF y  
ADEBJÖRK, PETER**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 660 874 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Navegación mediante puntos de referencia

**Los antecedentes de la invención y técnica anterior**

5 La presente invención se refiere generalmente a control remoto de Vehículos Aéreos No Tripulados. Más particularmente la invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, un programa informático de acuerdo con la reivindicación 13, un medio legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 14 y un Vehículo Aéreo No Tripulado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 15.

10 Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV:s) controlados remotamente representan un campo importante en crecimiento de tecnología de aeronaves, particularmente para el sector militar. UAV:s pueden usarse a saber para realizar una gran variedad de operaciones militares, tales como vuelo de reconocimiento y combatir objetivos. Por lo tanto, la técnica anterior incluye diversos ejemplos de soluciones de control de un UAV.

15 Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos N. ° 6.377.875 describe un procedimiento de control de un UAV en el que tras pérdida de contacto de radio entre una estación de control y el UAV, el UAV vuela de acuerdo con una ruta de seguridad preprogramada. Durante cualquier interrupción del contacto de radio, el UAV volará en una ruta sustituta, que se calcula en el UAV. También se describen diversos procedimientos de retornar el UAV después de una misión completada, o en el caso de pérdida de contacto de radio.

20 Sin embargo, el problema de evitar que un UAV se estrelle incontroladamente durante un periodo de tiempo cuando el contacto de radio se rompe continúa sin resolverse. En concreto, básicamente en cualquier momento, puede surgir una condición de fallo crítico en el UAV, que convierte todas las rutas de retorno desde la ubicación actual del vehículo imposible y en su lugar fuerza al UAV a realizar una operación de aterrizaje relativamente veloz. Naturalmente, si un aterrizaje de este tipo tiene lugar sin que se tomen medidas particulares, existe un riesgo sustancial de que se produzcan efectos adversos graves en el suelo, por ejemplo, en forma de heridas a personal o daños materiales. De hecho, aún no se conoce ninguna solución que sea capaz de manejar una condición de fallo crítico en un UAV con respecto a sus parámetros de control de vuelo sin un enlace de comandos entre el UAV y una estación de control que está activa.

**Sumario de la invención**

Por lo tanto, es un objeto de la presente invención mitigar el problema anterior y por lo tanto proporcionan una solución mejorada de control de un Vehículo Aéreo No Tripulado.

30 De acuerdo con un aspecto de la invención este objeto se logra mediante el procedimiento de control de un Vehículo Aéreo No Tripulado como se describe inicialmente, que se caracteriza por el conjunto de parámetros de control de vuelo que incluye al menos un parámetro de motor. El procedimiento incluye las siguientes etapas. Una condición de alarma principal con respecto a un fallo de motor se activa en caso de que al menos uno del al menos un parámetro de motor descienda por debajo de un valor umbral, por ejemplo, si el motor entra en pérdida. En tal caso, la ruta de emergencia implica volar el vehículo a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados. Por lo tanto, la ruta de emergencia se planea de tal forma que en cualquier posición geográfica y altitud de la misma puede alcanzarse cualquier punto de referencia de terminación en el caso de un fallo de motor.

40 Naturalmente, una importante ventaja lograda mediante esta estrategia es que el riesgo de efectos adversos graves en el suelo producidos debido a un UAV accidentado se reduce de este modo significativamente.

45 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el conjunto de parámetros de control de vuelo también incluye un parámetro de enlace de comando. El procedimiento también implica activar una condición de alarma menor con respecto a un fallo de enlace de comando en caso de que el enlace de comando se interrumpa durante un primer, y relativamente corto, intervalo de tiempo. En tal caso, se inicia un vuelo horizontal del vehículo. Típicamente, esta es una etapa apropiada a tomar para evitar un accidente, por ejemplo, si el vehículo ha entrado en una caída en picado cuando se produce el fallo de enlace de comando.

50 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, el procedimiento incluye la etapa de activar una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando en caso de que el enlace de comando se interrumpa durante un segundo intervalo de tiempo, que excede del primer intervalo de tiempo. En tal caso, la ruta de emergencia implica volar el vehículo hacia una ubicación base en el suelo. De este modo, las posibilidades del restablecimiento del contacto de radio con la estación base se mejoran y el fallo de enlace podría resolverse.

55 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, el vuelo del vehículo hacia la ubicación base implica elevar el vehículo a una altitud predeterminada. En concreto, esto mejora adicionalmente las posibilidades del restablecimiento del enlace de comando, ya que en general, las condiciones de radio a menudo

son más favorables a una mayor altitud.

5 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, la condición de alarma con respecto al fallo de enlace de comando menor se elimina en caso de que el enlace de comando retorne antes de la expiración del segundo intervalo de tiempo. Posteriormente, el control de vuelo del vehículo se retorna al modo de operación en el que se controlaba antes de la interrupción en el enlace de comando, es decir autónomo o manual respectivamente. Esto permite que la estación de control ordene al vehículo que reanude su misión, que por supuesto, es deseable. Preferentemente, sin embargo, se requiere una confirmación de operador antes de que el control del vehículo se retorne al modo original.

10 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, la ruta de emergencia implica volar el vehículo a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación en el suelo, en caso de que el enlace de comando siga interrumpido durante un tercer intervalo de tiempo, que excede del segundo intervalo de tiempo. La longitud de tercer intervalo de tiempo se selecciona con respecto a la precisión en la navegación del vehículo, de tal forma que durante el tercer intervalo de tiempo el vehículo puede no desviarse inaceptablemente lejos de la ruta prevista. En consecuencia, precisión de navegación alta permite que el tercer intervalo de tiempo sea relativamente largo y viceversa.

15 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, en caso de que se haya activado una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando, y el enlace de comando sigue interrumpido durante un cuarto intervalo de tiempo, que excede del tercer intervalo de tiempo, se inicia un aterrizaje de emergencia del vehículo en el punto de referencia de terminación. Con la condición de que el cuarto intervalo de tiempo se selecciona a un valor adecuado, puede conseguirse de este modo un aterrizaje de emergencia seguro en una ubicación predeterminada.

20 De acuerdo con otra realización preferida de este aspecto de la invención, sin embargo, en caso de que el enlace de comando retorne en cualquier instancia de tiempo, el procedimiento implica transmitir un mensaje de estado de enlace desde el vehículo a la estación de control, que indica una condición de funcionamiento para el enlace de comando. Preferentemente, después de transmisión del mensaje de estado de enlace, el procedimiento implica las siguientes etapas. En primer lugar, se habilita al vehículo para recibir comandos de anulación desde la estación de control a través del enlace de comando. A continuación, en caso de que se reciban tales comandos de anulación, se suprime el vuelo de acuerdo con la ruta de emergencia y se habilita un control de vuelo de acuerdo con el modo autónomo o manual. De este modo, el vehículo también puede controlarse para retomar su misión si esto fuera deseable.

25 De acuerdo con una realización alternativa preferida de este aspecto de la invención, el modo de control de vuelo autónomo implica transmisión de los comandos de control al vehículo en forma de un número de comandos que constituyen un conjunto alternativo de puntos de referencia. Es decir, se envía un conjunto de coordenadas geográficas y altitudes desde la estación de control al vehículo cuando el vehículo ya está en el aire. Típicamente, el conjunto de datos especifica posiciones que el vehículo pasará en un futuro relativamente cercano. En general, este procedimiento es ventajoso de aplicar si el vehículo se ubica dentro de o en proximidad de un área de misión. Por lo tanto, puede controlarse convenientemente para completar una misión particular.

30 De acuerdo con otra realización alternativa preferida de este aspecto de la invención, el modo de control de vuelo manual implica transmisión de los comandos de control al vehículo en forma de comandos en tiempo real. Es decir, un operador en el suelo o en otro vehículo puede controlar el UAV en respuesta a comandos de palanca de mandos. En general, este procedimiento es ventajoso de aplicar si el UAV se ubica en proximidad de una ubicación base, tales como una pista de aterrizaje / pista, en la que pueda aterrizar manualmente.

35 De acuerdo con aún otra realización preferida de este aspecto de la invención, se seleccionan puntos del primer conjunto de puntos de referencia predefinidos a partir de una tabla indexada por medio de un procedimiento por etapas. Sin embargo, puntos del segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos se seleccionan por medio del salto desde una primera línea en la tabla indexada a una segunda línea en la tabla indexada. La segunda línea se especifica en la primera línea. Un procedimiento por etapas de este tipo es altamente ventajoso porque habilita una implementación sencilla y muy poco complicada.

40 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención el objeto se logra mediante un programa informático descargable directamente en la memoria interna de un ordenador, que comprende software de realización del procedimiento anteriormente propuesto cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

45 De acuerdo con otro aspecto de la invención el objeto se logra mediante un medio legible por ordenador, que tiene un programa grabado en el mismo, en el que se hace que el programa un ordenador realice el procedimiento anteriormente propuesto.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, este objeto se logra mediante el Vehículo Aéreo No Tripulado como se describe inicialmente, que se caracteriza porque el conjunto de parámetros de control de vuelo incluye al menos un parámetro de motor. El sistema de supervisión funcional se adapta para, en caso de que al menos uno del al menos un parámetro de motor descienda por debajo de un valor umbral, establecer una condición de alarma con respecto a

5 un fallo de motor. Además, el sistema de supervisión funcional se adapta para, en tal caso, volar (o al menos volar planeando) el vehículo de acuerdo con una ruta de emergencia a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados. En consecuencia, el riesgo de que se provoquen efectos adversos graves en el suelo debido a un UAV accidentado se reduce de este modo significativamente.

10 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional también se adapta para supervisar el enlace de comando inalámbrico. En caso de que el enlace de comando se interrumpa durante un primer (y relativamente corto) intervalo de tiempo, el sistema de supervisión funcional se adapta para activar una condición de alarma menor con respecto a un fallo de enlace de comando e iniciar un vuelo horizontal del vehículo. De este modo, por ejemplo, puede evitarse un accidente debido al vehículo realizando una caída en picado controlada manualmente.

15 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional también se adapta para, en caso de que el enlace de comando se interrumpa durante un segundo intervalo de tiempo que excede del primer intervalo de tiempo, realizar las etapas de activar una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando y volar el vehículo hacia una ubicación base en el suelo. De este modo, se reduce adicionalmente el riesgo de que se fuerce al vehículo a realizar un aterrizaje no controlado.

20 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace de comando retorne antes de la expiración del segundo intervalo de tiempo, efectuar lo siguiente; eliminar la condición de alarma con respecto al fallo de enlace de comando menor y retornar el control de vuelo del vehículo al subsistema de control que controlaba el vehículo antes de la interrupción en el enlace de comando, es decir o bien el subsistema de control autónomo o bien el manual. Por lo tanto, puede reanudarse la misión del vehículo.

25 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace de comando siga interrumpido durante un tercer intervalo de tiempo que excede del segundo intervalo de tiempo, volar el vehículo a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.

30 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional se adapta para iniciar un aterrizaje del vehículo en el punto de referencia de terminación si el fallo de enlace de comando continúa a la expiración de un cuarto intervalo de tiempo después de que se produjo el fallo de enlace de comando. El cuarto intervalo de tiempo al menos excede del tercer intervalo de tiempo. Por lo tanto, con la condición de que el cuarto intervalo de tiempo se seleccione a un valor adecuado, puede conseguirse un aterrizaje seguro.

35 De acuerdo con una realización preferida de este aspecto de la invención, el sistema de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace de comando retorne en cualquier instancia de tiempo, generar un mensaje de estado de enlace que indica una condición de funcionamiento para el enlace de comando.

40 Preferentemente, el sistema de supervisión funcional también se adapta para, después de que se ha transmitido el mensaje de estado de enlace a la estación de control, ejecutar lo siguiente; habilitar que el vehículo reciba comandos de anulación desde la estación de control a través del enlace de comando y, en caso de que se reciban tales comandos de anulación, suprimir un vuelo de acuerdo con la ruta de emergencia, de tal forma que el vehículo puede controlarse manualmente a través del subsistema de control manual.

**Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se explicará ahora más detenidamente por medio de realizaciones preferidas, que se desvelan como ejemplos, y con referencia a los dibujos adjuntos.

45 La Figura1 ilustra el procedimiento propuesto de control de un UAV por medio de una ruta primaria y de emergencia ilustrativas respectivamente,

La Figura 2 muestra una línea de tiempo, que ilustra la extensión de y relaciones entre intervalos de tiempo aplicables de acuerdo con realizaciones de la invención,

50 La Figura3 muestra un diagrama de bloques en un sistema de procesamiento de señal de acuerdo con una realización de la invención,

La Figura4 muestra un primer diagrama de flujos, que resume el procedimiento general de acuerdo con la invención, y

La Figura5 muestra un segundo diagrama de flujos, que ilustra el procedimiento de acuerdo con realizaciones preferidas de la invención.

**Descripción de realizaciones preferidas de la invención**

55 La Figura 1 ilustra el procedimiento propuesto de control de un Vehículo 100 Aéreo No Tripulado por medio de una ruta primaria ilustrativa R1/R1' y una ruta de emergencia ilustrativa R2'. Una estación 110 de control controla el

vehículo 100 por medio de un enlace 115 de comando inalámbrico. Preferentemente, al menos en una aplicación militar y en la que la estación 110 de control tiene base en tierra, debería estar geográficamente separada de un transceptor 120 estación base, que sirve al enlace 115 de comando. A saber, de este modo, la posición de la estación 110 de control no puede determinarse sobre la base del tráfico en el enlace 115 de comando. Sin embargo, si la estación 110 de control es móvil, por ejemplo, ubicada en otra aeronave, generalmente es preferible co-ubicar la misma con el transceptor 120 estación base por razones prácticas.

Se supone que el vehículo 100 despegue desde una pista en una ubicación 130 base, que preferentemente se ubica relativamente próxima a la estación 110 de control (con la condición de que se use este tipo de estación de control). El vehículo 100 puede entonces controlarse para volar a lo largo de la ruta primaria R1, por ejemplo, a un área 140 de misión, en la que ejecuta una o más tareas, tales como combatir a un objetivo o realizar una misión de reconocimiento. El vuelo del vehículo 100 puede controlarse o bien en un modo autónomo o bien en un modo manual. En el modo autónomo el vehículo 100 sigue una ruta, que se define mediante un conjunto de puntos de referencia almacenados. Los puntos de referencia almacenados pueden, a su vez, o bien preprogramarse (es decir definidos antes del despegue) o bien programados en vuelo (es decir definidos después del despegue y enviados al vehículo 100 a través del enlace 115 de comando). La Figura 1 muestra un ejemplo de una ruta preprogramada R1, que comienza en la ubicación 130 base e incluye los puntos de referencia consecutivos WP1, WP2, WP3, WP4, WP5, WP6, WP7, WP8 y un punto de aproximación final IP a la ubicación 130 base.

En el modo manual, sin embargo, el vehículo 100 sigue una trayectoria de vuelo R1', que se define en tiempo real durante el vuelo. Esto puede conseguirse transmitiendo comandos de control de vuelo, a través del enlace 115 de comando inalámbrico, desde la estación 110 de control al vehículo 100, de tal forma que la trayectoria de vuelo R1' se define gradualmente. Por ejemplo, en el modo manual, el control en tiempo real del vehículo 100 puede ayudarse mediante imágenes de cámara grabadas por el vehículo 100 y reenviadas a la estación 110 de control mediante el enlace 115 de comando inalámbrico. Técnicamente, se puede entrar en el modo manual en cualquier momento. Sin embargo, el modo manual se usa más comúnmente cuando se opera el vehículo 100 dentro del área 140 de misión o durante el aterrizaje del vehículo 100. Para fines ilustrativos, la Figura 1 muestra una ruta ilustrativa R1' dentro del área 140 de misión, que el vehículo 100 se controla para seguir por medio de comandos manuales que representan un conjunto alternativo de puntos de referencia representados como WP4'. El vehículo 100 sale del área 140 de misión reanudando el modo de control de vuelo autónomo en el punto de referencia WP5. Posteriormente, el vehículo continúa siguiendo la ruta R1.

De acuerdo con la invención, es posible, en cualquier momento, controlar el vehículo 100 en el modo autónomo por medio de puntos de referencia programados en vuelo. Esto se consigue transmitiendo un conjunto de puntos de referencia al vehículo 100 a través del enlace 115 de comando inalámbrico. El vehículo 100 puede a continuación seguir la ruta alternativa definida por estos puntos de referencia, ya sea directamente o cuando alcance una posición particular, que representa el comienzo de la ruta alternativa. Comúnmente, tal programación en vuelo se realiza cuando el vehículo 100 se ubica dentro del área 140 de misión, de tal forma que el vehículo 100 por ejemplo sigue la ruta R1'.

Naturalmente, en lugar de entrar en el área 140 de misión en el modo manual o el modo autónomo programado en vuelo anteriormente descrito, el vehículo 100 podría haber continuado volando desde el punto de referencia WP4 directamente al punto de referencia WP5, a continuación, continuado al punto de referencia WP6 y así sucesivamente, de acuerdo con la ruta preprogramada R1 en el modo autónomo. En cualquier caso, la trayectoria de vuelo controlada manualmente R1' desde punto de referencia WP4 hasta el punto de referencia WP5 a través de WP4', la ruta autónoma programada en vuelo R1' desde punto de referencia WP4 hasta el punto de referencia WP5 a través de WP4' y la ruta directa controlada automáticamente R1 desde el punto de referencia WP4 directamente al punto de referencia WP5 se consideran como partes de la ruta primaria R1/R1'.

Independientemente de en qué modo de control de vuelo opera el vehículo 100, un sistema de supervisión funcional a bordo supervisa un conjunto de parámetros de control de vuelo que se consideran que son especialmente vitales. Por lo tanto, en caso de que uno de estos parámetros caiga fuera de un intervalo aceptable, se activa una condición de alarma principal. Esto a su vez, provoca que el vehículo 100, en lugar de volar a lo largo de la ruta primaria R1 o R1', vuele de acuerdo con una ruta de emergencia (después de un corto retardo). La ruta de emergencia se define mediante un segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos que incluye uno o más de los siguientes: HP1, HP2, HP3, HP4, HP5, HP6, HP7, TP1, TP2, TP3, TP4, TP5, TP6, TP7, TP8, TP9 e IP. Principalmente, se entra en una ruta de emergencia R2' para minimizar el riesgo de accidentes en el suelo, en los que puede herirse personal y/o pueden provocarse daños materiales no controlados. Por lo tanto, todas las rutas de emergencia deben planearse de tal forma que no pasen por encima o cerca de un área 151-153 restringida. Cada área 151-153 restringida se define como un sector geográfico sobre el que, por alguna razón, un UAV no debería volar. Por ejemplo, las áreas 151-153 restringidas pueden incluir distritos altamente poblados, de otra manera regiones densamente urbanizadas y/o segmentos de terreno sobre los que es particularmente difícil volar y navegar.

Un primer sub-grupo de puntos de referencia dentro del segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos (así llamados puntos de referencia de retorno) HP1-HP7 se usan para definir una o más rutas de emergencia. Estos puntos de referencia por lo tanto indican una trayectoria de retorno para el vehículo 100 en caso de que sufriera un fallo, que pueda poner en peligro la maniobrabilidad del vehículo 100. Sin embargo, la gravedad del fallo en este

punto normalmente no es peor que un aterrizaje forzoso todavía se considera evitable (aunque naturalmente esto no puede excluirse como un resultado final del fallo). Una pequeña interrupción del enlace 115 de comando constituye un ejemplo de un fallo en esta categoría. Una ruta R2' de emergencia ilustrativa se ilustra en la Figura1 por medio de una línea de puntos desde la ruta R1, a través de los puntos de referencia de retorno HP4 y HP3, hasta el punto de aproximación IP.

En caso de que surgiera, sin embargo, un problema de control de vuelo más serio; el vuelo del vehículo 100 se desvía hacia otro tipo de punto de referencia, un así llamado punto de referencia de terminación TP1-TP9. Estos puntos de referencia representan un segundo sub-grupo de puntos de referencia dentro del segundo conjunto. La ruta de emergencia debe planearse de tal forma que en cualquier posición geográfica y altitud de la misma puede alcanzarse un punto de referencia de terminación TP1-TP9 adecuado en el caso de un fallo de motor. Además, todas las rutas de emergencia se asignan al menos un punto de referencia de terminación TP1-TP9. Cada punto de referencia de terminación TP1-TP9 define una posición geográfica en la que se estima que el vuelo del vehículo 100 puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados. En consecuencia, todos los puntos de referencia de terminación TP1-TP9 se ubican fuera de y a una distancia mínima particular de las áreas 151-153 restringidas. Además, cada punto de referencia de terminación TP1-TP9 se selecciona de modo que puede alcanzarse desde la ruta de emergencia, por ejemplo, R2', cuando se vuela desde un punto de referencia de retorno a su vecino posterior a una altitud y velocidad típicos. Lo que representa una altitud y velocidad típicos varía considerablemente dependiendo del tipo de vehículo y para qué función se diseña. Normalmente, no se definen puntos de referencia de terminación en el área 140 de misión. Por lo tanto, si se produce un problema de control de vuelo serio cuando el vehículo 100 se ubica dentro del área 140 de misión, se permite que el vehículo 100 se vuelva incontrolable y se estrelle arbitrariamente. Sin embargo, si aparece un fallo menos crítico, el vehículo 100 se controlará para volar hacia un punto de referencia (por ejemplo, HP4) ubicado cerca del límite del área 140 de misión. Esto se analizará en detalle adicional a continuación.

El empuje de motor constituye un ejemplo importante de un parámetro de control de vuelo con tales efectos potencialmente perjudiciales que el vehículo 100 se controlaría hacia uno de los puntos de referencia de terminación TP1-TP9, al menos si el vehículo 100 está únicamente equipado con un único motor. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, si un parámetro de motor (por ejemplo, relacionado con la fuerza de empuje) desciende por debajo de un valor umbral (o incluso provoque que el motor entre en pérdida), se activa una condición de alarma con respecto a un fallo de motor. Nivel de temperatura, nivel de presión y revoluciones por minuto (rpm) son otros parámetros de motor que pueden desencadenar una condición de alarma de este tipo.

Un servomotor bloqueado/que funcione mal representa aún otro ejemplo de un tipo de error que puede provocar problemas de control de vuelo de magnitud similar. Por lo tanto, preferentemente, el sistema de supervisión funcional también supervisa parámetros de servomotor relevantes.

En caso de un fallo de motor y después de que el vehículo 100 haya alcanzado un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación TP1-TP9, el vehículo 100 se moverá en círculos en el aire mientras gradualmente desciende su altitud hasta que complete un aterrizaje de emergencia en el punto de referencia de terminación TP1-TP9. Si, durante la ejecución de estas maniobras circulares, se resuelve el problema que forzó al vehículo 100 a volar (o volar planeando) al punto de referencia de terminación TP1-TP9, el vehículo 100 transmite un mensaje de estado a la estación 110 de control indicando este hecho. De este modo, a través de un mensaje de confirmación y comandos de anulación desde la estación 110 de control, el procedimiento de terminación puede cancelarse.

Si el vehículo 100 se controla hasta un punto de referencia de terminación TP1-TP9 porque el enlace de comando ha estado roto durante un tiempo extendido, el vehículo 100 primero se moverá en círculos en el aire por encima del punto de referencia de terminación TP1-TP9 hasta que haya transcurrido un temporizador particular. A continuación, el vehículo 100 inicia un aterrizaje de emergencia en el punto de referencia de terminación TP1-TP9. Esto se describirá en detalla adicional a continuación con referencia a las Figuras 2, 4 y 5.

Además de los puntos de referencia de retorno HP1-HP7 y los puntos de referencia de terminación TP1-TP9, la ruta de emergencia incluye el punto de aproximación IP, sobre el que el vehículo se moverá en círculos en el aire mientras espera una orden de aterrizaje desde la estación de control antes de iniciar un aterrizaje en la ubicación 130 base. Preferentemente, el punto de aproximación IP también se incluye en la ruta primaria R1 porque también en esta ruta, un aterrizaje provocado por un usuario es generalmente deseable. La Tabla 1 a continuación describe la ruta primaria R1, rutas de emergencia alternativas R2, R2' (indicadas con flechas gruesas) y sus respectivos puntos de referencia, puntos de referencia de retorno y puntos de referencia de terminación.

			Manejo de alarma	
Ruta	Índice	Punto de referencia	Punto de referencia de retorno	Punto de referencia de terminación
R1	1	<b>WP1</b>	IP (índice 9)	TP1 (índice 16)
R1	2	<b>WP2</b>	HP1 (índice 14)	TP2 (índice 17)
R1	3	<b>WP3</b>	HP2 (índice 13)	TP3 (índice 18)
R1	4	<b>WP4</b>	HP4 (índice 10)	TP4 (índice 19)
R1	5	<b>WP5</b>	HP5 (índice 6)	TP5 (índice 20)
R1	6	<b>WP6</b>	HP6 (índice 7)	TP6 (índice 21)
R1	7	<b>WP7</b>	HP7 (índice 8)	TP7 (índice 22)
R1	8	<b>WP8</b>	IP (índice 9)	TP8 (índice 23)
R1	9	<b>IP</b>	IP (índice 9)	TP1 (índice 16)
R2'	10	<b>HP4</b>	HP3 (índice 11)	TP4 (índice 19)
R2'	11	<b>HP3</b>	IP (índice 12)	TP9 (índice 24)
R2'	12	<b>IP</b>	IP (índice 12)	TP1 (índice 16)
R2	13	<b>HP2</b>	HP1 (índice 14)	TP3 (índice 18)
R2	14	<b>HP1</b>	IP (índice 15)	TP2 (índice 17)
R2	15	<b>IP</b>	IP (índice 15)	TP1 (índice 16)
R2	16	<b>TP1</b>	TP1 (índice 16)	TP1 (índice 16)
R2	17	<b>TP2</b>	TP2 (índice 17)	TP2 (índice 17)
R2	18	<b>TP3</b>	TP3 (índice 18)	TP3 (índice 18)
R2	19	<b>TP4</b>	TP4 (índice 19)	TP4 (índice 19)
R2	20	<b>TP5</b>	TP5 (índice 20)	TP5 (índice 20)
R2	21	<b>TP6</b>	TP6 (índice 21)	TP6 (índice 21)
R2	22	<b>TP7</b>	TP7 (índice 22)	TP7 (índice 22)
R2	23	<b>TP8</b>	TP8 (índice 23)	TP8 (índice 23)
R2	24	<b>TP9</b>	TP9 (índice 24)	TP9 (índice 24)

Tabla 1

La Tabla 1 representa una secuencia de programa de alto nivel, que por cada punto de referencia hacia el que se dirige el vehículo 100 para volar especifica un punto de referencia de retorno y un punto de referencia de terminación que son aplicables en caso de que se produzca una condición de alarma principal. Por ejemplo, la primera línea, en la que en la segunda columna tiene índice = 1, indica condiciones que son aplicables cuando el vehículo 100 vuela hacia un primer punto de referencia WP1. Correspondientemente, la segunda línea, en la que en la segunda columna tiene índice = 2, indica condiciones que son aplicables cuando el vehículo 100 vuela hacia un segundo punto de referencia WP2, y así sucesivamente.

5

El programa se ejecuta a continuación paso a paso - un índice después del otro - de tal forma que después de haber

pasado un punto de referencia particular (digamos WP1) como se especifica en la tercera columna, el procedimiento baja una línea (es decir incrementa el índice en uno) y comienza a volar hacia el punto de referencia posterior (WP2). En este contexto, un punto de referencia se considera como que se ha pasado si el vehículo 100 primero se aproxima al punto de referencia, de tal forma que se ubica dentro de una distancia particular del punto de referencia, y a continuación comienza a alejarse del punto de referencia. Naturalmente, en la práctica, cada uno de los puntos de referencia en la Tabla 1 anterior también se asocia con un conjunto de datos geográficos y físicos, por ejemplo, indicando una latitud, una longitud, una altitud, una velocidad y un ángulo de balanceo máximo del vehículo 100.

Si una condición de alarma principal surge antes de que el vehículo 100 ha alcanzado el punto de referencia hacia el que está volando en la actualidad, el procedimiento comprueba la columna relevante (4 o 5 en la Tabla 1) del índice de punto de referencia activo para un índice posterior aplicable y salta a este índice. A continuación, el procedimiento continúa desde este punto de referencia índice, y así sucesivamente. El procedimiento se detiene siempre que se haya alcanzado un punto de aproximación IP o un punto de referencia de terminación TP.

Por lo tanto, la Tabla 1 especifica la ruta primaria R1/R1' cuando el vehículo 100 vuela en el modo autónomo. La Tabla 1 también especifica diferentes rutas de emergencia R2 a aplicar en caso de una condición de alarma. Sin embargo, la Tabla 1 es aplicable también en el modo manual. A saber, en este caso, el vehículo 100 busca repetidamente un punto de referencia más cercano WP1-WP8 o IP, de tal forma que, en caso de una condición de alarma, puede seleccionar un punto de referencia de retorno apropiado HP1-HP7 o un punto de referencia de terminación TP1-TP9. Además, en cualquier momento puede realizarse una conmutación de modo desde el modo manual al modo autónomo. Cuando se entra el modo autónomo de esta forma, el vehículo 100 simplemente comienza a volar hacia el punto de referencia más cercano como se indica mediante el índice de punto de referencia en la actualidad activo.

A continuación, sigue un ejemplo que adicionalmente esclarecerá el procedimiento propuesto. Si el enlace 115 de comando se interrumpe durante un intervalo lo suficientemente largo después de que el vehículo 100 ha pasado el punto de referencia WP3, sin embargo, aún no ha alcanzado el punto de referencia WP4, el vehículo 100 se desvía de la ruta primaria R1. En su lugar, el vehículo 100 sigue una ruta de emergencia R2' hacia el punto de referencia de retorno HP4. Con la condición de que el fallo de enlace de comando continúa también después de haber pasado el punto de referencia de retorno HP4, el vehículo 100 continúa hacia el punto de referencia HP3 con un destino final en el punto de aproximación IP (véanse los índices 10, 11 y 12 en la Tabla 1). En este documento, sin embargo, un fallo de motor se produce antes de que el vehículo 100 ha alcanzado el punto de referencia de retorno HP3. Por lo tanto, la ruta del vehículo 100 se altera de nuevo. Esta vez, el punto de referencia de terminación TP9 es su próximo destino, a diferencia del anterior punto de referencia de retorno previsto HP3 (véase índice 11 en la Tabla 1). En este ejemplo, se supone que el fallo de motor no puede resolverse a su debido tiempo. Por lo tanto, el vehículo 100 aterriza de emergencia (tan seguro como sea posible) en el punto de referencia de terminación TP9. A continuación se describirán detalles adicionales relacionados con las condiciones para la toma de decisiones para alterar la trayectoria del vehículo 100 desde la ruta primaria R1/R1' hasta la ruta de emergencia R2', y mientras en la ruta de emergencia R2', cambiar el punto de referencia de retorno HP3 al destino alternativo TP9, con referencia a las Figuras 2, 4 y 5.

La Figura 2 muestra una línea de tiempo que ilustra los periodos de tiempo que determinan las decisiones tomadas cuando se alteran las rutas y destinos del vehículo 100 de acuerdo con realizaciones de la invención.

Como ya se ha mencionado, el vehículo supervisa un número de parámetros de control de vuelo, entre ellos un parámetro de enlace de comando que refleja una calidad del enlace de comando entre la estación de control y el vehículo. Una medida muy simple en este sentido es definir la calidad en dos niveles diferenciados que representan un estado de conexión y un estado de interrupción respectivamente. Por supuesto, también pueden definirse niveles de calidad más precisos. En este documento, sin embargo, se supone que el enlace de comando se interrumpe en un punto en el tiempo  $t = 0$ . Si el enlace de comando se interrumpe durante un primer intervalo de tiempo T1 (digamos 1 segundo) desde este punto en el tiempo  $t = 0$  (es decir hasta  $t = t_1$ ), se activa una condición de alarma con respecto a un fallo de enlace de comando menor. Se inicia un vuelo horizontal del vehículo en conexión con activar esta condición de alarma.

Normalmente, puede tolerarse una pequeña interrupción de enlace de comando (en el orden de 1 segundo) sin que sea necesaria ninguna acción de precaución particular. En caso de que, sin embargo, el enlace de comando permaneciera interrumpido durante un segundo intervalo de tiempo T2 (digamos 5 segundos), que significativamente excede del primer intervalo de tiempo T1 (es decir desde  $t = 0$  a  $t = t_2$ ; donde  $t_2 \gg t_1$ ), se activa una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando. En este caso, existe, a saber, un riesgo sustancial de que el vehículo se vuelva incontrolable. Por lo tanto, el vehículo se desvía de la ruta primaria y comienza a seguir una ruta de emergencia, que implica volar el vehículo hacia una ubicación base en el suelo (tales como la pista 130 en la Figura 1). De acuerdo con una realización preferida de la invención, en este punto en el tiempo, el vehículo también se eleva a una altitud predeterminada. Ambas de estas medidas, es decir volver y elevarse, generalmente mejora las condiciones de radio y por lo tanto aumenta las posibilidades del restablecimiento del enlace de comando. Además, elevar el vehículo generalmente reduce el riesgo de un aterrizaje forzoso.

Si el enlace de comando retorna (es decir reconecta) antes de la expiración del segundo intervalo de tiempo, la



condición de alarma menor con respecto a un fallo de enlace de comando se elimina preferentemente y el control de vuelo del vehículo vuelve al modo en el que el vehículo se controlaba antes de la interrupción en el enlace de comando.

5 Sin embargo, si no únicamente el segundo intervalo de tiempo T2, sino también un tercer y mucho más largo intervalo de tiempo T3 (digamos 5 minutos a partir de  $t = 0$ ) expira sin que el enlace de comando retorne, la condición de alarma principal continúa activa y la ruta de emergencia se altera, de tal forma que implica volar el vehículo a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación. La longitud del intervalo de tiempo T3 generalmente se selecciona con respecto a la precisión en la navegación del vehículo, de tal forma que durante el intervalo de tiempo T3 el vehículo puede no desviarse inaceptablemente lejos de la ruta prevista. En este ejemplo, se supone que el vehículo alcanza el espacio aéreo por encima del punto de referencia de terminación relevante (como se determina mediante información preprogramada en el vehículo) en un punto en el tiempo  $t = t_4$ . El vehículo a continuación comienza a moverse en círculos sobre este punto de referencia de terminación. A la expiración de un cuarto intervalo de tiempo T4 (digamos en total 10 minutos después de  $t = 0$ ) cuando  $t = t_5$ , el vehículo inicia un aterrizaje de emergencia en el punto de referencia de terminación.

15 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el vehículo transmite un mensaje de estado a la estación de control si el enlace de comando volviera en cualquier instancia de tiempo. Entonces también se habilita que el vehículo reciba comandos de anulación desde la estación de control a través del enlace de comando. De este modo, se notifica a la estación de control del hecho de que existe una conexión con el vehículo, y puede decidirse que el vuelo de acuerdo con la ruta de emergencia debería suprimirse. En su lugar, la ruta primaria puede reanudarse, por ejemplo, en el modo de control de vuelo preprogramado autónomo. Por supuesto, cualquier comando de anulación desde la estación de control puede igualmente bien implicar transmisión de los comandos de control al vehículo en forma de un número de comandos que constituyen un conjunto alternativo de puntos de referencia predefinidos, es decir control de vuelo programado en vuelo. Como alternativa, en este punto puede activarse un control de vuelo manual.

25 La Figura 3 muestra un diagrama de bloques en un sistema 300 de procesamiento de señal de acuerdo con una realización de la invención que incluye una unidad 330 de procesamiento central y una unidad 340 de interfaz inalámbrica. Un sistema 310 de control de vuelo a bordo, un sistema 320 de supervisión funcional y una unidad 350 de interfaz se incluyen en la unidad 330 de procesamiento central.

30 El sistema 310 de control de vuelo a bordo, a su vez, contiene un subsistema 311 de control autónomo y un subsistema 312 de control manual. El subsistema 311 de control autónomo se adapta para controlar el vehículo para volar de acuerdo con una ruta primaria definida por un primer conjunto de puntos de referencia predefinidos, preferentemente almacenados en el subsistema 311. Correspondientemente, el subsistema 312 de control manual se adapta para controlar el vehículo para volar de acuerdo con una ruta primaria, sin embargo, de acuerdo con comandos en tiempo real recibidos desde la estación 110 de control. Estos comandos llegan a través del enlace 115 de comando inalámbrico, la unidad 340 de interfaz inalámbrica y la unidad 350 de interfaz en la unidad 330 de procesamiento central. La unidad 340 de interfaz inalámbrica también se adapta para enviar cualquier mensaje de estado generado por el sistema 320 de supervisión funcional a la estación de control.

40 El sistema 320 de supervisión funcional se adapta para supervisar un conjunto de parámetros P1-Pn de control de vuelo. En caso de que cualquiera de estos parámetros P1-Pn esté fuera de un intervalo aceptable, el sistema 320 de supervisión funcional establece una condición de alarma principal relevante. Esto, a su vez, resultará en que el vehículo inicia un vuelo de acuerdo con una ruta de emergencia definida por un segundo conjunto de puntos de referencia almacenados. Adicionalmente, si se encuentra un fallo menos crítico, el sistema 320 de supervisión funcional puede establecer una condición de alarma menor, que no provocará que el vehículo seleccione la ruta de emergencia. Una pequeña interrupción del enlace de comando inalámbrico constituye un ejemplo de un fallo de este tipo.

45 De acuerdo con la invención, uno de los parámetros de control de vuelo, digamos P1, representa un parámetro de motor vital. En caso de que este parámetro descienda por debajo de un valor umbral (implicando por ejemplo que las rpm son insuficientes), el sistema 320 de supervisión funcional establece una condición de alarma principal con respecto a un fallo de motor. Como consecuencia de la misma, el vehículo tomará la ruta de emergencia a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.

Adicionalmente, la interfaz inalámbrica 340 puede generar una señal F, que se envía al sistema 320 de supervisión funcional. Esta señal F se produce para indicar que el enlace de comando se ha restablecido.

55 Una descripción más detallada de la operación del sistema 320 de supervisión funcional y su interacción con las otras unidades en la unidad 330 de procesamiento central se describirán a continuación con referencia a la Figura 5. Primero, sin embargo, el procedimiento general de controlar un UAV de acuerdo con la invención se describirá con referencia a la Figura 4.

Se supone que el UAV es controlable desde una estación de control por medio de un enlace de comando

inalámbrico. Además, el UAV puede controlarse tanto en un modo autónomo en el que el vehículo vuela de acuerdo con una ruta primaria definida por un primer conjunto de puntos de referencia almacenados como en un modo manual en el que el vehículo vuela de acuerdo con una ruta primaria definida por comandos de control de vuelo recibidos a través del enlace de comando inalámbrico. Un conjunto de parámetros de control de vuelo se supervisa tanto en el modo autónomo como el manual. En caso de que se produzca una condición de alarma principal en cualquiera de los modos, el procedimiento implica volar el UAV de acuerdo con una ruta de emergencia definida por un segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos.

Se idea un procedimiento particular para evitar que el UAV aterrice forzosamente en una ubicación no deseada. En este documento, una primera etapa 401 comprueba si el motor del vehículo está en orden. Esto puede implicar probar si uno o más parámetros de motor, tales como fuerza de empuje, nivel de temperatura, nivel de presión y rpm, están dentro de un intervalo aceptable. Si este es el caso, el procedimiento retrocede y se queda en la etapa 401. Sin embargo, de otra manera, una etapa 449 activa una condición de alarma principal con respecto a un fallo de motor. Posteriormente, una etapa 451 controla el UAV para volar (o volar planeando) a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación, en el que se estima que el vuelo del UAV puede terminarse sin herir personal o provocar cualquier daño material no tolerable.

Ahora, se describirá un procedimiento más detallado de acuerdo con las realizaciones preferidas de la invención con referencia a la Figura 5. Las etapas 501, 549 y 551 son equivalentes a las etapas 401, 449 y 451 respectivamente en la Figura 4. Sin embargo, de acuerdo con esta realización de la invención, si la comprobación en la etapa 501 encuentra que el motor está en orden, una siguiente etapa 503 comprueba si el enlace de comando también tiene una calidad aceptable, y si es así, el procedimiento retrocede a la etapa 501. De otra manera, una etapa 505 viene a continuación.

La etapa 505 activa una alarma de enlace, que en esta fase se considera como una condición de alarma menor. Posteriormente, una etapa 507 comprueba si el primer intervalo de tiempo ha expirado (véase la Figura 2), y si no es así, el procedimiento retrocede a la etapa 501. Si, sin embargo, el primer intervalo ha expirado, una etapa 509 viene a continuación. Esta etapa comprueba de nuevo si el motor está en orden, y si es así, una etapa 511 viene a continuación. De otra manera, el procedimiento salta a una etapa 549 en la que una alarma de motor se activa para representar una condición de alarma principal.

La etapa 511 comprueba si el enlace de comando aún tiene una calidad aceptable, y si es así, una etapa 513 viene a continuación en la que se elimina la alarma de enlace menor activada en la etapa 505. Después de eso, una etapa 515 transmite un mensaje de estado a la estación de control (véase 110 en la Figura 1). De acuerdo con una realización preferida de la invención, se requiere un mensaje de confirmación desde la estación de control en respuesta al mensaje de estado antes de que el control de vuelo del UAV pueda retornarse al modo de control en el que se operaba antes de que la alarma de enlace se activara.

Si la prueba en la etapa 511 se responde de forma negativa, el procedimiento continúa a una etapa 516 que comprueba si el segundo intervalo (véase la Figura 2) ha expirado. Si se encuentra que este intervalo está aún en funcionamiento, el procedimiento retrocede a la etapa 509. De otra manera, la alarma de enlace se considera ahora como una condición de alarma principal, y una etapa 517 viene a continuación, que ordena al UAV que vuele hacia la ubicación base (véase por ejemplo 130 en la Figura 1). A continuación, una etapa 519 comprueba si el motor opera como se desea, y si es así, una etapa 521 viene a continuación. De otra manera, el procedimiento salta a la etapa 549.

La etapa 521 comprueba si el enlace de comando ha recuperado una calidad aceptable, y si es así, una etapa 523 viene a continuación en la que se elimina la alarma de enlace principal. Adicionalmente, la etapa 523 implica transmisión de un mensaje de estado a la estación de control. El control del UAV puede reanudarse después en el modo en el que se controlaba antes de que se activara la alarma de enlace. Sin embargo, también en este caso, es preferible que primero se reciba un mensaje de confirmación desde la estación de control.

Sin embargo, si la prueba en la etapa 521 produce un resultado negativo, una etapa 525 viene a continuación, que comprueba si el tercer intervalo (véase la Figura 2) ha expirado. Si este es el caso, una etapa 531 viene a continuación. De otra manera, el procedimiento continúa a una etapa 527, que comprueba si el UAV ha alcanzado la estación base, y si es así la etapa 515 viene a continuación. Si, sin embargo, el UAV aún no ha alcanzado la estación base, el procedimiento retrocede a la etapa 517 en la que continúa volando hacia la estación base. La etapa 515 en este punto transmite un mensaje de estado que indica que el UAV ha retornado a la estación base y puede aterrizar. O bien una maniobra de aterrizaje se inicia entonces automáticamente (por ejemplo, después de recepción de un mensaje de confirmación desde la estación de control) o bien se aterriza el UAV manualmente por medio de comandos de control de vuelo en tiempo real desde la estación de control.

Si la prueba en la etapa 525 encuentra que también el tercer intervalo ha expirado, una etapa 531 viene a continuación en la que el enlace de comando se comprueba una vez más. Si el enlace de comando en este punto se encuentra que tiene una calidad aceptable, una etapa 533 viene a continuación en la que se elimina la alarma de enlace principal. La etapa 533 también implica transmisión de un mensaje de estado a la estación de control, en el que después del cual el control del UAV puede reanudarse en el modo en el que el UAV se controlaba antes de que

se activara la alarma de enlace. De nuevo, es preferible que primero se reciba un mensaje de confirmación desde la estación de control.

Si, en la etapa 531 se encuentra que el enlace de comando aún tiene una calidad inaceptablemente baja, una etapa 535 viene a continuación que ordena al UAV que vuele hacia un punto de referencia de terminación especificado (véase por ejemplo la Tabla 1). A continuación, una etapa 537 comprueba si el motor está en orden, y si es así, una etapa 539 viene a continuación. De otra manera, el procedimiento salta a la etapa 549 en la que se activa una alarma de motor. La etapa 539 comprueba si el cuarto intervalo ha expirado (véase la Figura 2), y si es así, una etapa 541 viene a continuación. De otra manera, el procedimiento retrocede a la etapa 535, de tal forma que el UAV continúa volando hacia el punto de referencia de terminación. Si, el UAV ya ha alcanzado este punto (es decir antes de que el cuarto intervalo expire) el bucle descrito mediante las etapas 535, 537 y 539 implica que el UAV se mueve en círculos sobre el punto de referencia de terminación hasta que el cuarto intervalo expira.

La etapa 541 comprueba si el enlace de comando tiene una calidad aceptable, y si es así, la etapa 533 viene a continuación en la que se elimina la alarma de enlace principal y un mensaje de estado se transmite a la estación de control, después del cual el control del UAV puede reanudarse en el modo en el que el UAV se controlaba antes de que se activara la alarma de enlace. De nuevo, es preferible que se reciba primero un mensaje de confirmación desde la estación de control. Si la etapa 541 encuentra que el enlace de comando aún tiene una calidad inaceptablemente baja, el procedimiento continúa a una etapa 543 en la que se inicia una terminación del vuelo en el punto de referencia de terminación (que el UAV ahora habrá alcanzado). Posteriormente, una etapa 545 comprueba si la terminación se ha completado, es decir si el vuelo del UAV se ha detenido permanentemente. Si es así, el procedimiento finaliza en una etapa 547 que indica que se ha conseguido una terminación satisfactoria. De otra manera, el procedimiento retrocede a la etapa 541 y se realiza cualquier medida que quede para completar la terminación. Por ejemplo, esto puede significar que las maniobras de movimiento en círculos sobre el punto de terminación se continúan con una altitud gradualmente menor.

La etapa 549, que indica una alarma de motor, puede entrarse desde cualquiera de las etapas 501, 509, 519 o 537 si se encuentra que el motor está funcionando defectuosamente. En cualquier caso, después de la etapa 549 viene a continuación una etapa 551 en la que se ordena al UAV que vuele, o si el motor ha entrado en pérdida, vuele planeando hacia un punto de referencia de terminación especificado (véase por ejemplo la Tabla 1). Posteriormente, una etapa 553 comprueba si el motor está operando satisfactoriamente. El problema de motor puede, a saber, haberse resuelto desde que la alarma de motor se activó, y si es así, la alarma de motor se elimina en una etapa 555 y un correspondiente mensaje de estado se transmite a la estación de control, de tal forma que el procedimiento de terminación puede interrumpirse por medio de una intervención manual. Si, sin embargo, la etapa 553 encuentra que el motor aún está fuera de servicio, el procedimiento continúa a una etapa 557, que comprueba si el UAV ha alcanzado el punto de referencia de terminación especificado. Si este no es el caso, el procedimiento retrocede a la etapa 551. De otra manera, sin embargo, una etapa 559 que viene a continuación de la etapa 557 inicia un procedimiento de terminación en el punto de referencia de terminación. Después de eso, el procedimiento finaliza en la etapa 547, que indica que se ha conseguido una terminación satisfactoria.

Por lo tanto, la etapa 547 representa una finalización definitiva del procedimiento. Aunque el procedimiento de acuerdo con el diagrama de flujo también finaliza en cada una de las etapas 515, 523, 533 y 555, estas etapas en su lugar implican retornar el procedimiento a la etapa inicial, preferentemente después de la recepción de un mensaje de confirmación desde la estación de control.

Todas las etapas de procedimiento, así como cualquier subsecuencia de etapas, descritas con referencia a las Figuras 4 y 5 anteriores pueden controlarse por medio de un aparato informático programado, preferentemente ubicado en un procesador central a bordo de un sistema de procesamiento de señal del Vehículo Aéreo No Tripulado. Además, aunque las realizaciones de la invención descritas anteriormente con referencia a los dibujos comprenden aparatos y procedimientos realizados en aparatos informáticos, la invención por lo tanto también se extiende a programas informáticos, particularmente programas informáticos sobre o en una portadora, adaptadas para poner en práctica la invención. El programa puede ser en forma de código fuente, código objeto, un código fuente y objeto de código intermedio tales como en forma parcialmente compilada o en cualquier otra forma adecuada para su uso en la implementación del procedimiento de acuerdo con la invención. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de portar el programa. Por ejemplo, la portadora puede comprender un medio de almacenamiento, tales como una ROM (Memoria de Solo Lectura), por ejemplo, un CD (Disco Compacto) o una ROM semiconductor, o un medio de grabación magnético, por ejemplo, un disco flexible o disco duro. Además, la portadora puede ser cualquier portadora transmisible tales como una señal eléctrica u óptica que puede transportarse a través de cable eléctrico u óptico o por radio o por otros medios. Cuando el programa se incorpora en una señal que puede transportarse directamente mediante un cable u otro dispositivo o medios, la portadora puede estar constituida por tal cable o dispositivo o medios. Como alternativa, la portadora puede ser un circuito integrado en el que se embebe el programa, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para su uso en la realización de, los procedimientos relevantes. La expresión "comprende/que comprende" cuando se usa en esta memoria descriptiva se toma para especificar la presencia de características indicadas, números enteros, etapas o componentes. Sin embargo, la expresión no excluye la presencia o adición de una o más características adicionales, números enteros, etapas o componentes o grupos de los mismos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de control de un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado desde una estación (110) de control por medio de un enlace (115) de comando inalámbrico, que implica:
  - 5 control de vuelo en un modo autónomo en el que el vehículo (100) vuela de acuerdo con una ruta primaria (R1, R1') definida por un primer conjunto de puntos de referencia predefinidos (WP1-WP8, IP),
  - control de vuelo en un modo manual en el que el vehículo (100) vuela de acuerdo con una ruta primaria (R1') definida por comandos de control recibidos a través del enlace (115) de comando inalámbrico, y
  - supervisión funcional de un conjunto de parámetros de control de vuelo (P1-Pn) tanto en el modo autónomo como el modo manual, en el que si, en alguno de los modos, al menos uno de los parámetros de control de vuelo (P1-Pn) está fuera de un intervalo aceptable se activa una condición de alarma principal, el procedimiento implica volar el vehículo (100) de acuerdo con una ruta de emergencia (R2') definida por un segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos (HP4, HP3, IP, TP9), **caracterizado por** el conjunto de parámetros de control de vuelo (P1-Pn) incluyendo al menos un parámetro de motor, comprendiendo el procedimiento:
    - 15 activar una condición de alarma principal con respecto a un fallo de motor en caso de que al menos uno del al menos un parámetro de motor descienda por debajo de un valor umbral y, en tal caso, la ruta de emergencia (R2') implica volar el vehículo (100) a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación (TP1-TP9) en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo (100) puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** el conjunto de parámetros de control de vuelo (P1-Pn) incluyendo un parámetro de enlace de comando, comprendiendo el procedimiento:
  - 20 activar una condición de alarma menor con respecto a un fallo de enlace de comando en caso de que el enlace (115) de comando se interrumpa durante un primer intervalo de tiempo (T1) y, en tal caso, iniciar un vuelo horizontal del vehículo (100).
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por** comprender el procedimiento:
  - 25 activar una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando en caso de que el enlace (115) de comando se interrumpa durante un segundo intervalo de tiempo (T2) que excede dicho primer intervalo de tiempo (T1) y, en tal caso, la ruta de emergencia (R2') implica volar el vehículo (100) hacia una ubicación (130) base en el suelo.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por** el vuelo del vehículo (100) hacia la ubicación (130) base implicando la elevación del vehículo (100) a una altitud predeterminada.
5. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 4, **caracterizado por**
  - 35 eliminar la condición de alarma menor con respecto a un fallo de enlace de comando en caso de que el enlace (115) de comando retorne antes de la expiración del segundo intervalo de tiempo (T2), y retornar el control de vuelo del vehículo (100) al modo en el que el vehículo (100) se controlaba antes de la interrupción en el enlace (115) de comando.
6. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 5, **caracterizado por**, en caso de una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando, el enlace (115) de comando sigue interrumpido durante un tercer intervalo de tiempo (T3) que excede dicho segundo intervalo de tiempo (T2), la ruta de emergencia (R2') implica volar el vehículo (100) a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación (TP1-TP9) en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo (100) puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por**, en caso de una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando, el enlace (115) de comando sigue interrumpido durante un cuarto intervalo de tiempo (T4) que excede dicho tercer intervalo de tiempo (T3), iniciar un aterrizaje de emergencia del vehículo (100) en el punto de referencia de terminación (TP1-TP9).
8. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por**, en caso de que el enlace (115) de comando retorne en cualquier instancia de tiempo, transmitir un mensaje de estado de enlace desde el vehículo (100) a la estación (110) de control, indicando el mensaje de estado de enlace una condición de funcionamiento para el enlace (115) de comando.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por**, después de transmisión del mensaje de estado de enlace, el procedimiento implica:
  - 50 habilitar que el vehículo (100) reciba comandos de anulación desde la estación (110) de control a través del enlace (115) de comando,
  - suspender un vuelo de acuerdo con la ruta de emergencia (R2') en caso de que se reciban comandos de

anulación y, en tal caso,  
habilitar un control de vuelo de acuerdo con el modo manual.

- 5 10. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado por** el modo de control de vuelo autónomo implicando transmisión de los comandos de control al vehículo (100) en forma de un número de comandos que constituyen un conjunto alternativo de puntos de referencia (WP4').
11. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, **caracterizado por** el modo de control de vuelo manual implicando transmisión de los comandos de control al vehículo (100) en forma de comandos en tiempo real (WP4').
12. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, **caracterizado por**:
- 10 seleccionar puntos del primer conjunto de puntos de referencia predefinidos (WP1-WP8, IP) a partir de una tabla indexada por medio de un procedimiento por etapas, y seleccionar puntos del segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos (HP1-HP7, TP1-TP9, IP) por medio del salto desde una primera línea en la tabla indexada a una segunda línea en la tabla indexada, estando la segunda línea especificada en dicha primera línea.
- 15 13. Un programa informático descargable directamente en la memoria interna de un ordenador digital, que comprende software para la realización de las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12 cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
14. Un medio legible por ordenador, que tiene un programa grabado en el mismo, en el que el programa se configura para hacer que un ordenador realice las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12.
- 20 15. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado controlable desde una estación (110) de control por medio de un enlace (115) de comando inalámbrico que comprende
- un sistema (310) de control de vuelo a bordo que incluye:
- un subsistema (311) de control autónomo adaptado para controlar el vehículo para volar de acuerdo con una ruta primaria (R1) definida por un primer conjunto de puntos de referencia predefinidos (WP1-WP8, IP), y
- 25 un subsistema (312) de control manual adaptado para recibir comandos desde la estación (110) de control a través del enlace (115) de comando inalámbrico, y controlar el vehículo (100) para volar de acuerdo con una ruta primaria (R1') definida por los comandos desde la estación (110) de control, y
- un sistema (320) de supervisión funcional adaptado para supervisar un conjunto de parámetros de control de vuelo (P1-Pn), y en caso de que al menos uno de los parámetros de control de vuelo (P1-Pn) esté fuera de un
- 30 intervalo aceptable, establecer una condición de alarma principal e iniciar un vuelo del vehículo (100) de acuerdo con una ruta de emergencia (R2') definida por un segundo conjunto de puntos de referencia predefinidos (HP4, HP3, IP, TP9),
- caracterizado porque** el conjunto de parámetros de control de vuelo (P1-Pn) incluye al menos un parámetro de motor, y el sistema de supervisión funcional se adapta para, en caso de que al menos uno del al menos un
- 35 parámetro de motor descienda por debajo de un valor umbral, establecer una condición de alarma con respecto a un fallo de motor, y volar el vehículo (100) de acuerdo con la ruta de emergencia (R2') a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación (TP1-TP9) en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo (100) puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.
16. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para supervisar el enlace (115) de comando inalámbrico, y en caso de que el enlace (115) de comando se interrumpa durante un primer intervalo de tiempo (T1): activar una condición de alarma con respecto a un fallo de enlace de comando menor, e iniciar un vuelo horizontal del vehículo (100).
17. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace (115) de comando se interrumpa durante un
- 45 segundo intervalo de tiempo (T2) que excede dicho primer intervalo de tiempo (T1): activar una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando, y volar el vehículo (100) hacia una ubicación (130) base en el suelo.
18. Un Vehículo Aéreo No Tripulado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 o 17, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace (115) de comando retorne antes de la expiración del segundo intervalo de tiempo (T2):
- 50 eliminar la condición de alarma con respecto al fallo de enlace de comando menor, y retornar el control de vuelo del vehículo (100) al subsistema de control que controlaba el vehículo (100) antes de la interrupción en el enlace (115) de comando.

- 5 19. Un Vehículo Aéreo No Tripulado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 o 18, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para, en caso de una condición de alarma principal con respecto a un fallo de enlace de comando, el enlace (115) de comando sigue interrumpido durante un tercer intervalo de tiempo (T3) que excede dicho segundo intervalo de tiempo (T2), volar el vehículo (100) a un espacio aéreo por encima de un punto de referencia de terminación (TP1-TP9) en el suelo en el que se estima que el vuelo del vehículo (100) puede terminarse sin herir a ningún personal o provocar daños de materiales no controlados.
- 10 20. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 - 19, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para iniciar un aterrizaje del vehículo (100) en el punto de referencia de terminación (TP1-TP9), si a la expiración de un cuarto intervalo de tiempo (T4) después de que se produjo el fallo de enlace de comando, el fallo de enlace de comando continúa; excediendo el cuarto intervalo de tiempo (T4) dicho tercer intervalo de tiempo (T3).
- 15 21. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 - 20, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para, en caso de que el enlace (115) de comando retorne en cualquier instancia de tiempo, generar un mensaje de estado de enlace que indica una condición de funcionamiento para el enlace (115) de comando.
- 20 22. Un Vehículo (100) Aéreo No Tripulado de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizado porque** el sistema (320) de supervisión funcional se adapta para, después de que se ha transmitido el mensaje de estado de enlace a la estación de control:  
habilitar que el vehículo (100) reciba comandos de anulación desde la estación (110) de control a través del enlace (115) de comando,  
suspender un vuelo de acuerdo con la ruta de emergencia (R2') en caso de que se reciban comandos de anulación, y en tal caso  
habilitar activación del subsistema (312) de control manual.

25

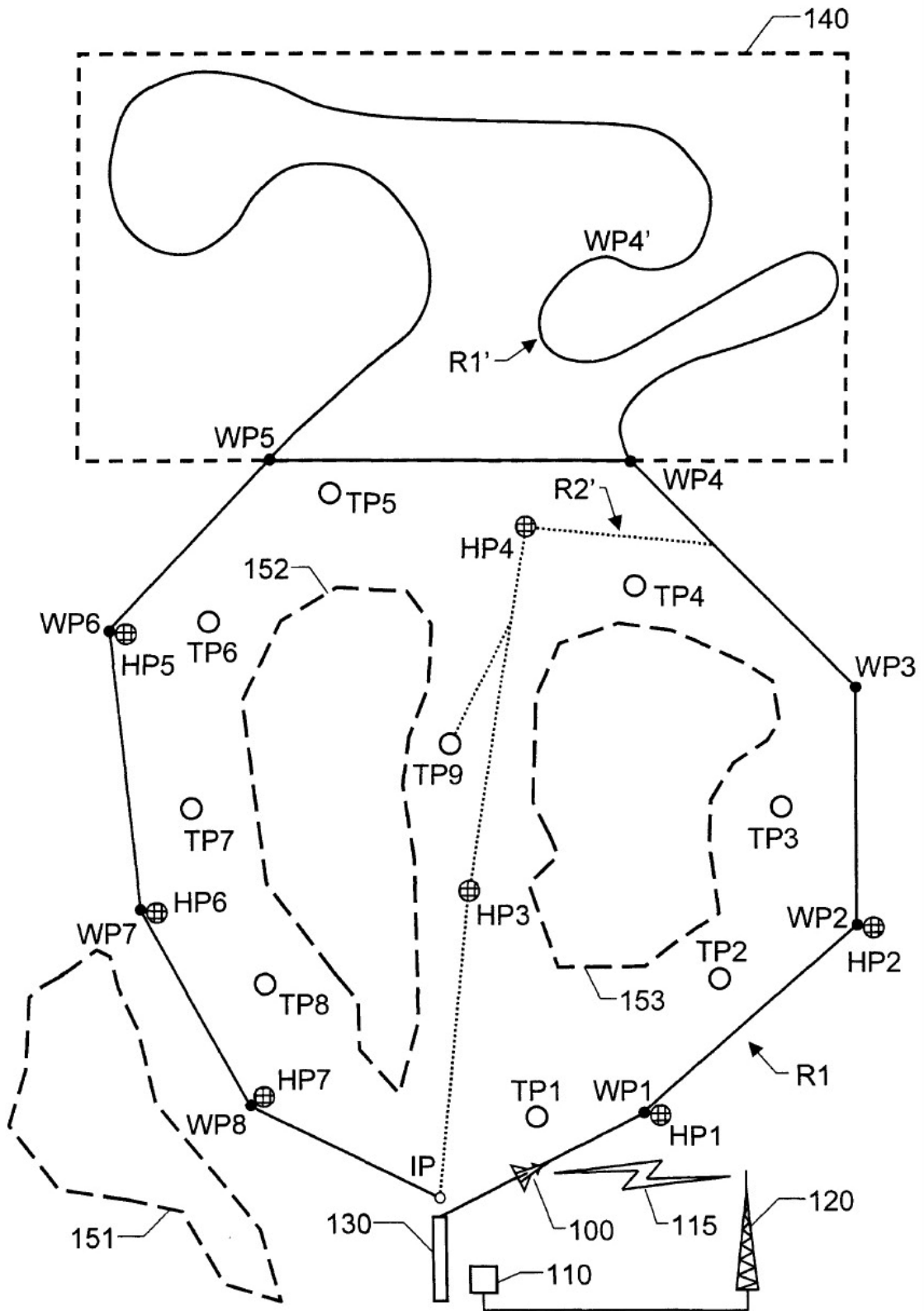


Fig. 1

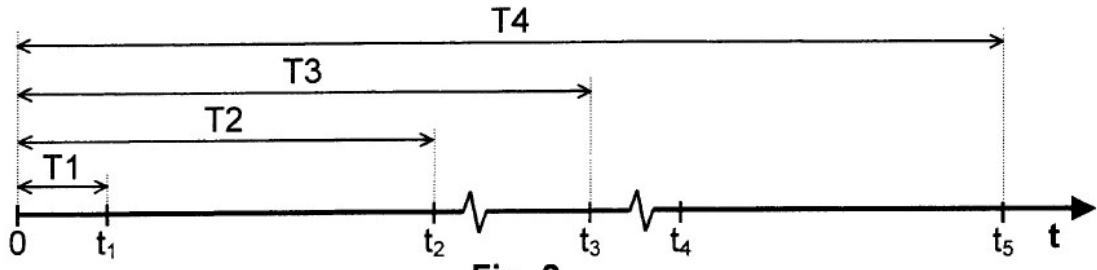


Fig. 2

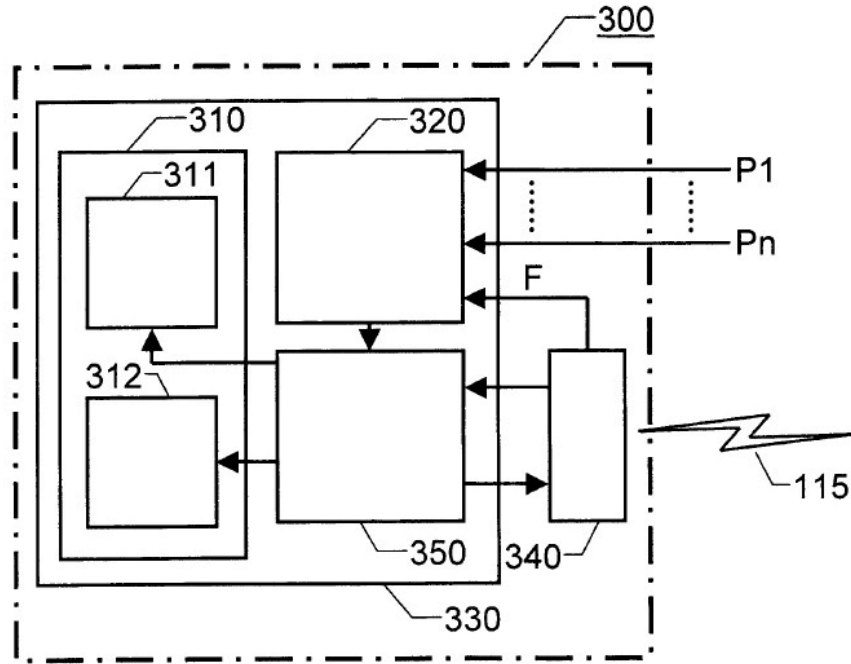


Fig. 3

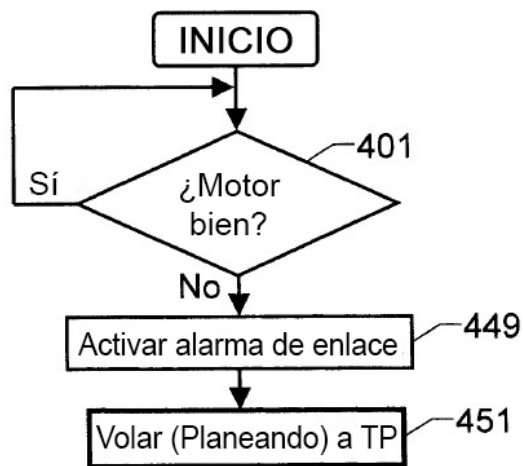


Fig. 4



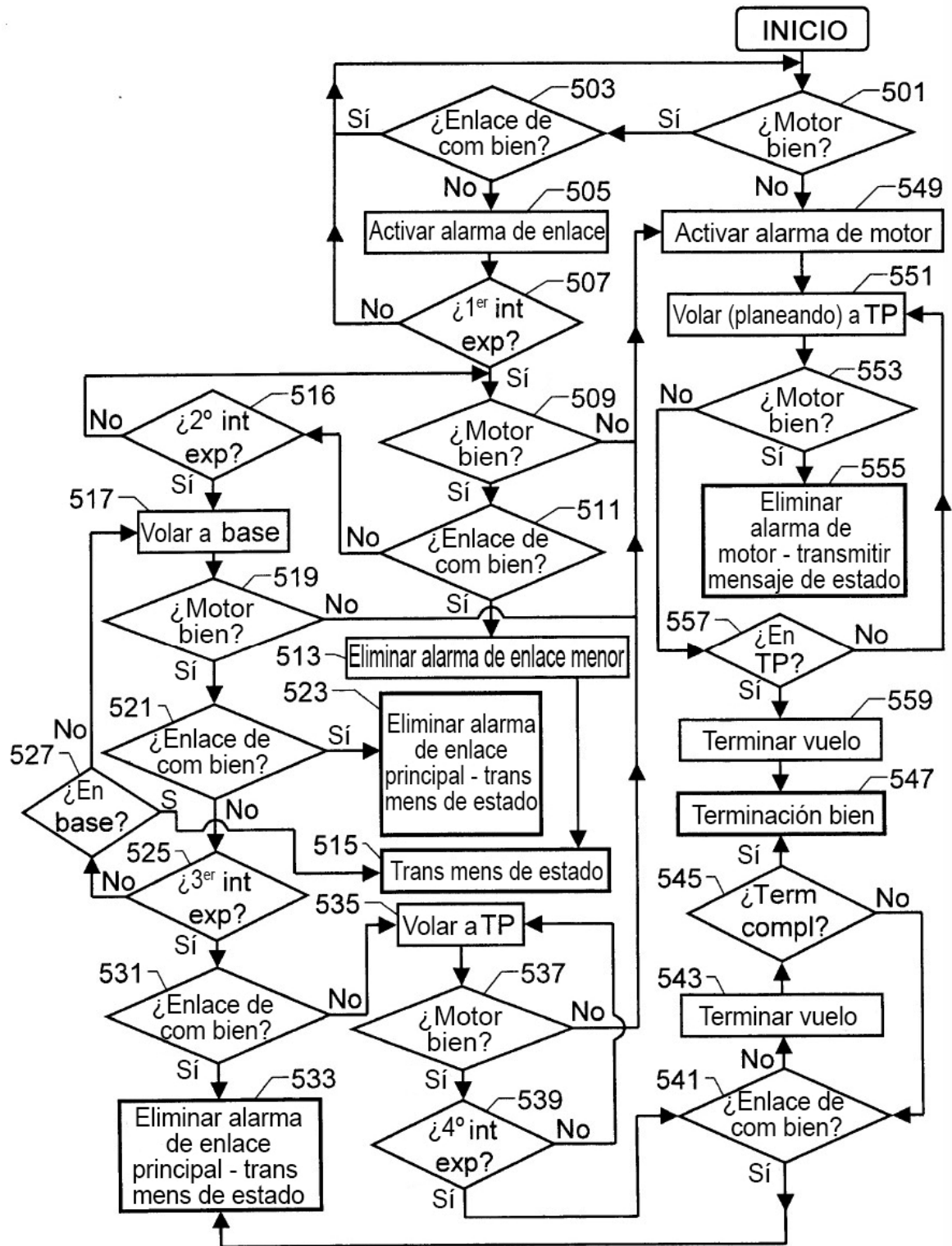


Fig. 5