República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102015001678-6 B1

(22) Data do Depósito: 26/01/2015

(45) Data de Concessão: 05/04/2022

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE TESTE PARA UMA UNIDADE DE RADAR

(51) Int.Cl.: G01S 7/40.

(30) Prioridade Unionista: 04/02/2014 US 14/172,021.

(73) Titular(es): THE BOEING COMPANY.

(72) Inventor(es): DENNIS M. LEWIS; WAYNE L. COOPER.

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO DE TESTE PARA UMA UNIDADE DE RADAR É provido um sistema (100) que inclui uma unidade de radar Doppler (102) que transmite uma primeira onda eletromagnética (106), a qual apresenta uma primeira frequência, em que um sistema de teste (104) converte num primeiro sinal elétrico possuindo a primeira frequência. O sistema de teste (104) gera um segundo sinal elétrico, o qual apresenta uma segunda frequência, e mistura os ditos primeiro e segundo sinais elétricos para produzir um terceiro sinal elétrico, o qual apresenta uma terceira frequência de soma ou diferença. A terceira frequência representa uma frequência deslocada pelo efeito do Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética (106) por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler (102). Aquele sistema de teste (104) converte o terceiro sinal elétrico numa segunda onda eletromagnética (108), a qual apresenta a terceira frequência, e transmite a segunda onda eletromagnética (108) de volta para aquela unidade de radar Doppler (102) para cálculo de uma velocidade que representa aquela do alvo, como uma função de ditas primeira e terceira frequências, a partir da qual a unidade de radar Doppler (102) pode ser calculada/certificada.

“SISTEMA E MÉTODO DE TESTE PARA UMA UNIDADE DE RADAR”

CAMPO TECNOLÓGICO

[001] A presente divulgação relaciona-se em geral a um radar Doppler e, em particular, a um sistema de teste para uma unidade de radar Doppler.

FUNDAMENTOS

[002] Radar Doppler é um tipo de sistema de radar que usa ondas eletromagnéticas para determinar a velocidade radial de um alvo a uma distância de um observador (velocidade afastando-se de um observador) e possui um número de usos incluindo determinar a taxa de descida de uma aeronave, a velocidade de movimento de objetos e similares. Uma unidade de radar Doppler geralmente transmite uma onda eletromagnética (algumas vezes referida como um sinal de radar) que se reflete em um alvo e retorna à unidade de radar. O movimento do alvo em uma direção radial relativa à unidade de radar causa uma modificação na frequência do sinal refletido em relação ao sinal transmitido, frequentemente referida como o efeito Doppler (ou deslocamento de Doppler). Mais especificamente, o movimento radial do alvo muda a frequência do sinal de radar de uma quantidade que é proporcional à velocidade relativa do alvo, de tal modo que a modificação na frequência do sinal de radar pode ser usada para determinar a localização e velocidade do alvo móvel.

[003] Um número de técnicas tem sido desenvolvido para calibrar e certificar unidades de radar Doppler, mais notadamente aquelas envolvendo o uso de um diapasão. De acordo com esta técnica, o diapasão produz um sinal representando o que foi causado pela reflexão de um sinal de radar por um alvo (isto é, o diapasão produz um sinal representando um sinal refletido), e que possui uma relação conhecida para uma velocidade esperada do alvo. A unidade de radar responde ao sinal calculando uma velocidade, que pode ser comparada à velocidade esperada para determinar a precisão da unidade de radar. E a partir desta comparação, a unidade de radar pode ser calibrada ou de

outra forma certificada para uso.

[004] Embora a técnica do diapasão existente seja adequada, possui deficiências. A técnica atual do diapasão geralmente testa apenas um único ponto, ou seja a única frequência do sinal produzido pelo diapasão. O próprio diapasão pode também estar sujeito a modificações devido à temperatura e dano físico devido a pancada muito forte sobre uma superfície sólida. Outras técnicas existentes incluem o uso de um veículo e refletor estacionário, ou um objeto móvel, porém estas técnicas são geralmente menos precisas e estáveis. Estas e outras técnicas similares existentes são também tipicamente inadequadas para calcular velocidades muito baixas, particularmente no caso de taxas de descida.

[005] Portanto, pode ser desejável ter um sistema e método que leve em consideração pelo menos alguns dos problemas discutidos acima, bem como possivelmente outros problemas.

BREVE SUMÁRIO

[006] Exemplos de implementações da presente divulgação são geralmente direcionados a um sistema e método melhorado para produzir uma frequência deslocada por efeito Doppler representando o que foi causado pela reflexão do sinal de radar por um alvo, o que pode ser usado para calcular uma velocidade representando aquela do alvo, para calibrar ou certificar uma unidade de radar Doppler. De acordo com exemplos de implementações, a frequência deslocada por efeito Doppler pode ser produzida a partir de um sinal elétrico na frequência da unidade de radar Doppler produzindo um outro segundo sinal elétrico a uma segunda frequência e mixando os dois sinais elétricos. Desta maneira, exemplos de implementações podem produzir uma segunda frequência mais precisa, ajustada mais próxima daquela da unidade de radar Doppler, que pode deste modo alcançar uma frequência deslocada por efeito Doppler mais baixa. Isto pode, por sua vez, habilitar a calibração/certificação da unidade de radar Doppler para uma velocidade mais baixa do alvo. E, em alguns exemplos, a segunda frequência pode ser

selecionável, o que pode habilitar adicionalmente exemplos de implementações para calibrar/certificar a unidade de radar Doppler para um número de velocidades diferentes do alvo.

[007] De acordo com um aspecto dos exemplos de implementações, é provido um sistema que inclui uma unidade de radar Doppler e um sistema de teste a uma distância da unidade de radar Doppler. A unidade de radar Doppler é configurada para transmitir uma primeira onda eletromagnética possuindo uma primeira frequência. O sistema de teste, então é configurado para receber a primeira onda eletromagnética e converter a primeira onda eletromagnética para um primeiro sinal elétrico apresentando a primeira frequência.

[008] O sistema de teste é configurado para gerar um segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência e misturar o primeiro sinal elétrico e o segundo sinal elétrico para produzir um terceiro sinal elétrico apresentando uma terceira frequência que é uma soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência. Em alguns exemplos, o sistema de teste pode ser configurado para gerar um sinal de áudio senoidal como o segundo sinal elétrico. E, em alguns exemplos, o sistema de teste pode ser configurado para gerar o segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência que é selecionável ao longo de uma faixa de frequências.

[009] Aqui, a terceira frequência do terceiro sinal elétrico representa uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler. O sistema de teste pode ser configurado para então converter o terceiro sinal elétrico para uma segunda onda eletromagnética apresentando a terceira frequência e transmitir a segunda onda eletromagnética de volta para a unidade de radar Doppler. A unidade de radar Doppler pode ser configurada para calcular então uma velocidade representando aquela do alvo como uma função da primeira frequência e da terceira frequência. A unidade de radar Doppler pode então ser calibrável ou certificável com base em uma comparação da

velocidade calculada pela unidade de radar Doppler e uma velocidade esperada.

[0010] A unidade de radar Doppler pode incluir uma primeira antena configurada para transmitir a primeira onda eletromagnética e a mesma ou outra primeira antena configurada para receber a segunda onda eletromagnética. Similarmente, o sistema de teste pode incluir uma segunda antena acoplada a sua plataforma e configurada para receber a primeira onda eletromagnética, e a mesma ou outra segunda antena configurada para transmitir a segunda onda eletromagnética. Em alguns exemplos, a unidade de radar Doppler e o sistema de teste podem incluir material absorvente de radar disposto sobre as respectivas primeira e segunda antenas, e configurado para reduzir as reflexões das respectivas segunda e primeira ondas eletromagnéticas a partir da recepção deste modo.

[0011] Em outros aspectos dos exemplos de implementações, são providos um sistema e método de teste. As características, funções e vantagens discutidas aqui podem ser alcançadas independentemente em vários exemplos de implementações ou podem ser combinadas em ainda outros exemplos de implementações, cujos detalhes adicionais podem ser vistos com referência à descrição e desenhos a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DO(S) DESENHO(S)

[0012] Tendo então descrito os exemplos de implementações da divulgação em termos gerais, será agora feita referência aos desenhos que a acompanham, que não são necessariamente desenhados em escala e onde:

[0013] Figura 1 ilustra um sistema de acordo com alguns exemplos de implementações da presente divulgação;

[0014] Figura 2 ilustra um exemplo de um sistema de teste que, em alguns exemplos, pode corresponder ao sistema da Figura 1;

[0015] Figura 3 ilustra um fluxograma incluindo várias operações em um método de acordo com exemplos de implementações da presente divulgação; e

[0016] Figura 4 é um gráfico ilustrando um exemplo de uma relação conhecida entre a frequência de Doppler e uma taxa de descida de uma aeronave alvo, de acordo com alguns exemplos da presente divulgação.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0017] Algumas implementações da presente divulgação serão agora descritas mais plenamente a seguir com referência aos desenhos anexos, nos quais algumas, porém não todas as implementações da divulgação são mostradas. Realmente, várias implementações da divulgação podem ser realizadas de muitas formas diferentes e não deveriam ser interpretadas como limitadas às implementações aqui estabelecidas; ao invés disso, estes exemplos de implementações são providos de tal modo que esta divulgação será direta e completa, e conduzirá plenamente o escopo da divulgação aos especialistas na técnica. Adicionalmente, embora seja feita referência aqui a um número de medidas, limites e similares tais como tempos, distâncias, velocidades, percentuais e similares, de acordo com os quais aspectos dos exemplos de implementações podem operar, a menos que declarado em contrário, alguns ou todos dentre as medidas/limites podem ser configuráveis. Numerais de referência iguais referem-se a elementos iguais em toda parte.

[0018] Figura 1 ilustra um sistema 100 de acordo com alguns exemplos de implementações da presente divulgação. Conforme mostrado, o sistema inclui uma unidade de radar Doppler 102 e um sistema de teste 104 a uma distância da unidade de radar Doppler. A unidade de radar Doppler é configurada para transmitir uma primeira onda eletromagnética 106 apresentando uma primeira frequência. O sistema de teste, então, é configurado para receber a primeira onda eletromagnética e converte a primeira onda eletromagnética para um primeiro sinal elétrico apresentando a primeira frequência.

[0019] O sistema de teste 104 é configurado para gerar um segundo

sinal elétrico apresentando uma segunda frequência, e misturar o primeiro sinal elétrico e o segundo sinal elétrico para produzir um terceiro sinal elétrico apresentando uma terceira frequência que é a soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência. Em alguns exemplos, o sistema de teste pode ser configurado para gerar um sinal de áudio senoidal como o segundo sinal elétrico. E em alguns exemplos, o sistema de teste pode ser configurado para gerar o segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência que é selecionável ao longo de uma faixa de frequências.

[0020] Independentemente da maneira pela qual o sistema de teste 104 é configurado para gerar o segundo sinal elétrico, a terceira frequência do terceiro sinal elétrico representa uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética 106 por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler 102. O sistema de teste pode ser configurado então para converter o terceiro sinal elétrico para uma segunda onda eletromagnética 108 apresentando a terceira frequência e transmitir a segunda onda eletromagnética de volta para a unidade de radar Doppler. Em alguns exemplos, a unidade de radar Doppler pode receber a segunda onda eletromagnética e convertê-la para um sinal elétrico apropriado (por exemplo, quarto) apresentando a terceira frequência, para processamento adicional de modo a calcular uma velocidade representando aquela do alvo.

[0021] Conforme também mostrado, a unidade de radar Doppler 102 pode incluir uma plataforma 110 com vários componentes a bordo configurados para realizar várias funções da unidade de radar Doppler. A unidade de radar Doppler também inclui uma primeira antena 112 acoplada a sua plataforma e configurada para transmitir a primeira onda eletromagnética 106, e a mesma ou outra primeira antena pode ser configurada para receber a segunda onda eletromagnética 108. Similarmente, o sistema de teste 104 pode incluir uma plataforma 114 com vários componentes a bordo configurada para realizar várias funções do sistema de teste. E o sistema de teste pode incluir

uma segunda antena 116 acoplada a sua plataforma e configurada para receber a primeira onda eletromagnética, e a mesma ou outra segunda antena pode ser configurada para transmitir a segunda onda eletromagnética.

[0022] Em alguns exemplos, a unidade de radar Doppler 102 pode incluir um material absorvente de radar 118 disposto sobre a primeira antena 112 e configurado para reduzir reflexões da segunda onda eletromagnética 108 a partir da recepção deste modo. Similarmente, o sistema de teste 104 pode incluir um material absorvente de radar 120 disposto sobre a segunda antena 116 e configurado para reduzir reflexões da primeira onda eletromagnética 106 a partir da recepção deste modo.

[0023] Ao receber o segundo sinal eletromagnético 108 apresentando a terceira frequência, a unidade de radar Doppler 102 pode ser configurada para calcular a velocidade representando aquela do alvo. Mais particularmente, a unidade de radar Doppler pode calcular a velocidade representando aquela do alvo como uma função da primeira frequência do primeiro sinal eletromagnético 106, e a terceira frequência do segundo sinal elétrico. E a unidade de radar Doppler pode ser calibrada e certificada (ou calibrável e/ou certificável) com base em uma comparação entre a velocidade calculada e uma velocidade esperada. Por exemplo, a (primeira) frequência da unidade de radar Doppler pode ser alinhada com uma fonte de frequência padrão. Neste exemplo, um circuito contador da unidade de radar Doppler pode então ser alinhado para medir a frequência (terceira) de retorno correta.

[0024] Em alguns exemplos, a unidade de radar Doppler 102 pode ser configurada para calcular a velocidade do alvo de acordo com a equação de Doppler, que pode ser aproximada conforme segue:

$$|f - f_0| = \Delta f \approx \frac{2v}{c} f_0$$

[0025] No precedente, f representa a terceira frequência que é a soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência f_0 e Δf representa a frequência de pulsação (frequência de Doppler) que é a diferença

entre a terceira frequência f e a primeira frequência f_0. Também no precedente, ν representa a velocidade do alvo e c representa a velocidade das ondas eletromagnéticas no meio entre as antenas 112, 116. Esta equação pode então ser reescrita para calcular a velocidade ν que representa a velocidade do alvo, conforme segue:

$$v \approx \frac{\Delta f}{2f_0} c$$

[0026] Conforme indicado acima, como a segunda frequência provém de um sinal elétrico produzido pelo sistema de teste 104, esta pode ser mais precisa e ajustada mais próxima da primeira frequência da unidade de radar Doppler 102, que pode deste modo alcançar uma frequência deslocada por efeito Doppler (terceira) mais baixa. Isto pode, por sua vez, habilitar o sistema 100 para calibrar/certificar a unidade de radar Doppler para uma velocidade de alvo mais baixa. E nos exemplos nos quais a segunda frequência é selecionável ao longo de uma faixa de frequências, o sistema pode ser capaz de calibrar/certificar a unidade de radar Doppler para um número de velocidades de alvo diferentes. Figura 2 ilustra um exemplo de um sistema de teste 200, que em alguns exemplos pode corresponder ao sistema de teste 104 do sistema 100 da Figura 1. Conforme mostrado, o sistema de teste inclui uma plataforma 202 (por exemplo, plataforma 114) e uma antena 204 (por exemplo, antena 116) acoplada à plataforma. A antena é configurada para receber uma primeira onda eletromagnética 206 apresentando uma primeira frequência, a partir de uma unidade de radar Doppler a uma distância do sistema de teste 200, tal como a primeira onda eletromagnética 106 da unidade de radar Doppler 102. A antena pode ser configurada para converter a primeira onda eletromagnética para um primeiro sinal elétrico 208 apresentando a primeira frequência.

[0027] A plataforma 202 pode incluir vários componentes a bordo configurados para realizar várias funções do sistema de teste 200. Por exemplo, a plataforma pode incluir um gerador de sinal 210 e um misturador 212. O gerador de sinal é configurado para gerar um segundo sinal elétrico 214

apresentando uma segunda frequência e o misturador é um misturador configurado para mixar o primeiro sinal elétrico 208 e segundo sinal elétrico para produzir um terceiro sinal elétrico 216 apresentando uma terceira frequência que é a soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência. Em alguns exemplos, o gerador de sinal pode ser configurado para gerar um sinal de áudio senoidal como o segundo sinal elétrico. E em alguns exemplos, o gerador de sinal pode ser configurado para gerar o segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência que é selecionável através de uma faixa de frequências.

[0028] Similarmente ao descrito anteriormente com respeito à Figura 1, a terceira frequência do terceiro sinal elétrico 216 representa uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética 206 por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler (por exemplo, unidade de radar Doppler 102). A antena 204 pode ser configurada adicionalmente para converter o terceiro sinal elétrico para uma segunda onda eletromagnética 218 apresentando a terceira frequência e transmitir a segunda onda eletromagnética de volta para a unidade de radar Doppler para cálculo de uma velocidade representando aquela do alvo, como uma função da primeira frequência e terceira frequência. Novamente, a unidade de radar Doppler pode ser calibrada ou certificada com base em uma comparação entre a velocidade calculada e uma velocidade esperada.

[0029] O sistema de teste 200 pode incluir antenas separadas 204 uma das quais pode ser configurada para receber a primeira onda eletromagnética 206, e uma outra configurada para transmitir a segunda onda eletromagnética 218. Ou a mesma antena pode ser configurada para receber a primeira onda eletromagnética e transmitir a segunda onda eletromagnética. Em alguns exemplos então, a plataforma 202 pode incluir adicionalmente um duplexador 220, que pode ser implementado ou incluir vários componentes tais como um circulador, acoplador direcional, isolador ou similar, e que pode ser

configurado para rotear o primeiro sinal elétrico 208 da antena para o misturador 212, e rotear o terceiro sinal elétrico 216 do misturador para a antena. Conforme também mostrado, a plataforma pode incluir um amplificador 222 configurado para amplificar o terceiro sinal elétrico antes da conversão do terceiro sinal elétrico para a segunda onda eletromagnética pela antena. E, em alguns exemplos, o sistema de teste pode incluir adicionalmente um material absorvente de radar 224 disposto próximo a antena e configurado para reduzir reflexões da primeira onda eletromagnética a partir da recepção pela antena.

[0030] Figura 3 ilustra um fluxograma incluindo várias operações em um método 300 de acordo com exemplos de implementações da presente divulgação. Conforme mostrado no bloco 302, e com referência ao sistema 100 da Figura 1, por exemplo, o método inclui receber uma primeira onda eletromagnética (EM) 106 apresentando uma primeira frequência convertendo a primeira onda eletromagnética para um primeiro sinal elétrico tendo a primeira frequência, com a primeira onda eletromagnética sendo recebida em um sistema de teste 104 a partir da uma unidade de radar Doppler 102 a uma distância desta. O método também inclui gerar um segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência e mixando o primeiro sinal elétrico e o segundo sinal elétrico para produzir um terceiro sinal elétrico possuindo uma terceira frequência que é a soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência, conforme mostrado nos blocos 304, 306. Novamente, aqui, a terceira frequência representa uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler. E o método inclui converter o terceiro sinal elétrico para uma segunda onda eletromagnética apresentando a terceira frequência, e transmitir a segunda onda eletromagnética a partir do sistema de teste, de volta para a unidade de radar Doppler para cálculo de uma velocidade representando aquela do alvo, como uma função da primeira

frequência e da terceira frequência, conforme mostrado no bloco 308.

[0031] Para ilustrar adicionalmente exemplos de implementações da presente divulgação, Figura 4 ilustra um gráfico mostrando um exemplo conhecido de relação entre Doppler ou frequência deslocada por efeito Doppler (terceira frequência) e taxa de descida (velocidade esperada) de uma aeronave alvo. A relação mostrada neste exemplo supõe uma unidade de radar Doppler 102 apresentando uma frequência f_0 = 24,150 GHz e que a velocidade no meio entre as antenas 112, 116 é aproximadamente a velocidade da luz c = 300.000 km/s.

[0032] De acordo com exemplos de implementações, a frequência deslocada por efeito Doppler pode ser produzida a partir de um sinal elétrico na frequência da unidade de radar Doppler, produzindo outro, segundo sinal elétrico a uma segunda frequência e mixando os dois sinais elétricos, desta maneira, exemplos de implementações pode produzir uma segunda frequência mais precisa ajustada mais próxima daquela da unidade de radar Doppler, que pode deste modo alcançar uma frequência deslocada por efeito Doppler mais baixa e certificação/calibração da unidade de radar Doppler para uma velocidade de alvo mais baixa. No exemplo da Figura 4, exemplos de implementações podem ser capazes de alcançar frequências deslocadas por efeito Doppler e velocidades alvo até 49 Hz e 3,048 m/s ou menos. E em alguns exemplos, a segunda frequência pode ser selecionável, o que pode habilitar adicionalmente exemplos de implementações para calibrar/certificar a unidade de radar Doppler para um número de velocidades de alvo diferentes, tal como através de uma faixa de 0,3048 até 30,48 m/s no exemplo da Figura 4. Muitas modificações e outras implementações da divulgação aqui estabelecidas virão à mente de um especialista na técnica à qual esta divulgação pertence, tendo o benefício dos ensinamentos apresentados nas descrições precedentes e desenhos associados. Portanto, deve ser entendido que a divulgação não deve ser limitada às implementações específicas divulgadas e que modificações e

outras implementações são destinadas a serem incluídas dentro do escopo das reivindicações anexas. Ainda mais, embora as descrições precedentes e desenhos associados descrevam exemplos de implementações no contexto de certos exemplos de combinações de elementos e/ou funções, deveria ser verificado que combinações diferentes de elementos e/ou funções podem ser providas por implementações alternativas, sem se afastar do escopo das reivindicações anexas. Neste sentido, por exemplo, combinações de elementos e/ou funções diferentes daquelas explicitamente descritas acima são também contempladas conforme pode ser estabelecido em algumas das reivindicações anexas. Embora termos específicos sejam empregados aqui, estes são usados em um sentido genérico e descritivo somente e não para fins de limitação.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de teste (200) para uma unidade de radar Doppler, caracterizado pelo fato de compreender:

uma antena (204) configurada para receber uma primeira onda eletromagnética (206) apresentando uma primeira frequência e converter a primeira onda eletromagnética para um primeiro sinal elétrico (208) apresentando a primeira frequência, a antena (204) sendo configurada para receber a primeira onda eletromagnética (206) de uma unidade de radar Doppler (102) a uma distância do sistema de teste (200);

um gerador de sinal (210) configurado para gerar um segundo sinal elétrico (214) possuindo uma segunda frequência; e

um misturador (212) configurado para mixar o primeiro sinal elétrico (208) e segundo sinal elétrico (214) para produzir um terceiro sinal elétrico (216) apresentando uma terceira frequência que é uma soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência, a terceira frequência representando uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética (206) por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler (102),

em que a antena (204) é adicionalmente configurada para converter o terceiro sinal elétrico (216) para uma segunda onda eletromagnética (218) apresentando a terceira frequência, e transmitir a segunda onda eletromagnética (218) de volta para a unidade de radar Doppler (102), para cálculo de uma velocidade representando aquela do alvo, como uma função da primeira frequência e da terceira frequência;

em que o gerador de sinal (210) é um gerador de sinal (210) de áudio configurado para gerar um sinal de áudio senoidal como o segundo sinal elétrico.

2. Sistema de teste (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gerador de sinal (210) é configurado para gerar

o segundo sinal elétrico (214) apresentando uma segunda frequência que é selecionável ao longo de uma faixa de frequências.

3. Sistema de teste (200) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

um duplexador (220) configurado para rotear o primeiro sinal elétrico (208) da antena (204) para o misturador (212), e rotear o terceiro sinal elétrico (216) do misturador (212) para a antena (204).

4. Sistema de teste (200) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

um amplificador (222) configurado para amplificar o terceiro sinal elétrico (216) antes da conversão do terceiro sinal elétrico (216) para a segunda onda eletromagnética (218) pela antena (204).

5. Sistema de teste (200) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

um material absorvente de radar (224) disposto sobre a antena (204) e configurado para reduzir reflexões da primeira onda eletromagnética a partir da recepção pela antena (204).

6. Sistema de teste (200) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato que a unidade de radar Doppler (102) inclui uma primeira antena (112) configurada para transmitir a primeira onda eletromagnética (206) e receber a segunda onda eletromagnética (218).

7. Sistema de teste (200) de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a unidade de radar Doppler (102) inclui um material absorvente de radar (118) disposto sobre a primeira antena (112) e configurado para reduzir reflexões da segunda onda eletromagnética (218) a partir da recepção por ela e o sistema de teste (200) inclui um material absorvente de radar (120) disposto sobre a antena (204) e configurado para reduzir reflexões da primeira onda eletromagnética (206) a partir da recepção desta.

8. Sistema de teste (200) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a unidade de radar Doppler (102) é calibrável ou certificável com base em uma comparação entre a velocidade calculada pela unidade de radar Doppler (102) e uma velocidade esperada.

9. Método (300) de teste para uma unidade de radar Doppler, caracterizado pelo fato de compreender:

receber uma primeira onda eletromagnética (106) apresentando uma primeira frequência e converter a primeira onda eletromagnética (106) para um primeiro sinal elétrico apresentando a primeira frequência, a primeira onda eletromagnética (106) sendo recebida em um sistema de teste (104) a partir de uma unidade de radar Doppler (102) a uma distância desta;

gerar um segundo sinal elétrico possuindo uma segunda frequência;

mixar o primeiro sinal elétrico e o segundo sinal elétrico para produzir um terceiro sinal elétrico apresentando uma terceira frequência que é uma soma ou diferença entre a segunda frequência e a primeira frequência, a terceira frequência representando uma frequência deslocada por efeito Doppler causada pela reflexão da primeira onda eletromagnética (106) por um alvo a uma distância da unidade de radar Doppler (102); e

converter o terceiro sinal elétrico para uma segunda onda eletromagnética apresentando a terceira frequência e transmitir a segunda onda eletromagnética (108) do sistema de teste (104) de volta para a unidade de radar Doppler (102), para cálculo de uma velocidade representando aquela do alvo como uma função da primeira frequência e da terceira frequência;

em que gerar o segundo sinal elétrico inclui gerar um sinal de áudio senoidal como o segundo sinal elétrico.

10. Método (300) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que gerar o segundo sinal elétrico inclui gerar o

segundo sinal elétrico apresentando uma segunda frequência que é selecionável ao longo de uma faixa de frequências.

11. Método (300) de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de ser executado para cada um de diversos segundos sinais elétricos possuindo respectivas segundas frequências diferentes.

12. Método (300) de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

calcular a velocidade representando aquela do alvo como uma função da primeira frequência e da terceira frequência, a velocidade sendo calculada na unidade de radar Doppler (102).

13. Método (300) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

calibrar ou certificar a unidade de radar Doppler (102) com base em uma comparação entre a velocidade calculada na unidade de radar Doppler (102) e uma velocidade esperada.

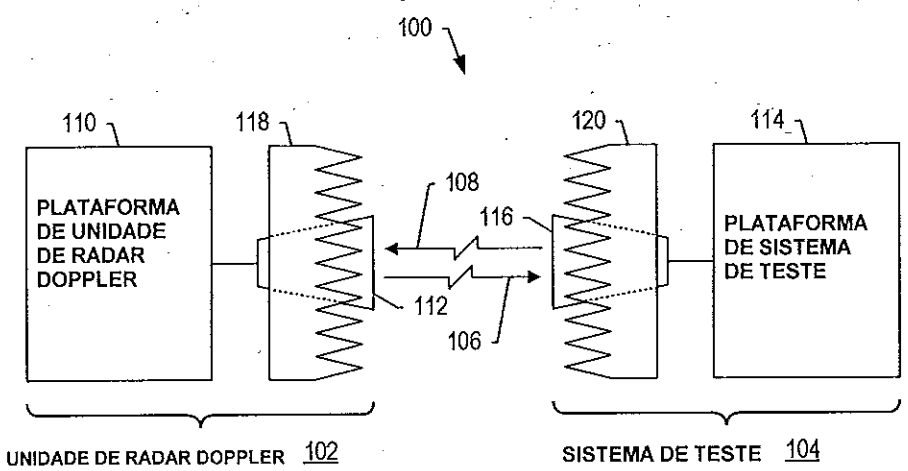
100
110
118
120
114
PLATAFORMA DE UNIDADE DE RADAR DOPPLER
108
116
112
106
PLATAFORMA DE SISTEMA DE TESTE
UNIDADE DE RADAR DOPPLER 102
SISTEMA DE TESTE 104

FIG. 1

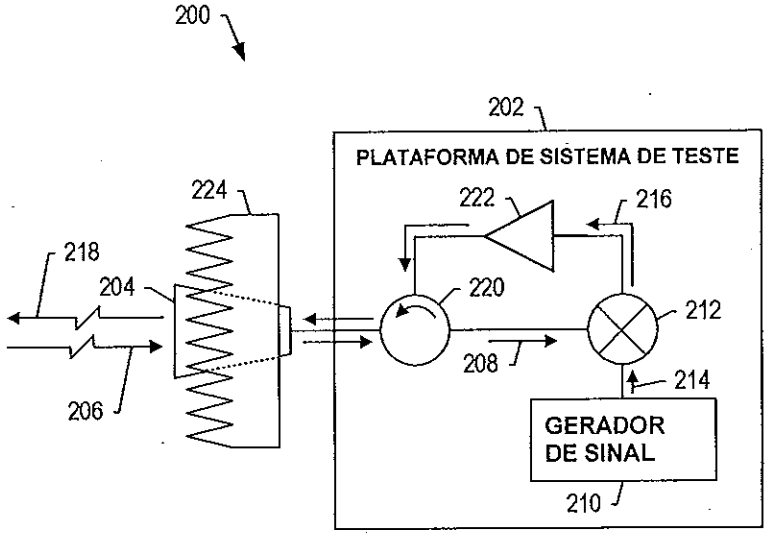
200
202
PLATAFORMA DE SISTEMA DE TESTE
224
222
216
218
204
220
212
208
214
206
GERADOR DE SINAL
210

FIG. 2

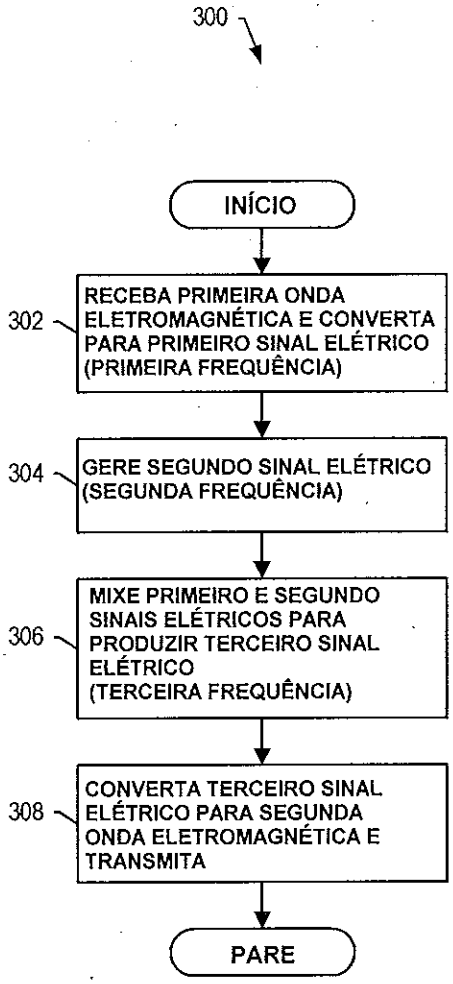
300
INÍCIO
302
RECEBA PRIMEIRA ONDA ELETROMAGNÉTICA E CONVERTA PARA PRIMEIRO SINAL ELÉTRICO (PRIMEIRA FREQUÊNCIA)
304
GERE SEGUNDO SINAL ELÉTRICO (SEGUNDA FREQUÊNCIA)
306
MIXE PRIMEIRO E SEGUNDO SINAIS ELÉTRICOS PARA PRODUZIR TERCEIRO SINAL ELÉTRICO (TERCEIRA FREQUÊNCIA)
308
CONVERTA TERCEIRO SINAL ELÉTRICO PARA SEGUNDA ONDA ELETROMAGNÉTICA E TRANSMITA
PARE

FIG. 3

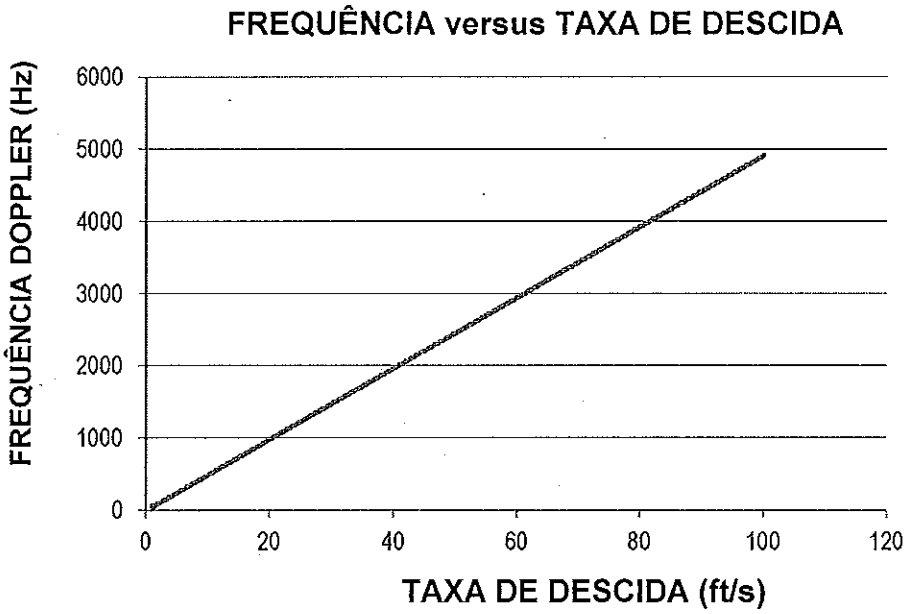
FREQUÊNCIA versus TAXA DE DESCIDA
FREQUÊNCIA DOPPLER (Hz)
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0
20
40
60
80
100
120
TAXA DE DESCIDA (ft/s)

FIG. 4