



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0030456

(51)⁷ G01S 13/95; G01S 7/40

(13) B

(21) 1-2014-02964

(22) 23/03/2012

(86) PCT/RU2012/000205 23/03/2012

(87) WO/2013/141738 26/09/2013

(45) 25/12/2021 405

(43) 25/12/2014 321A

(73) Public Joint Stock Company “Research and Production Corporation “Almaz” named by Academician A.A. Raspletin” (RU)

Russian Federation, 125190, Moscow, Leningradsky prospect, 80, building 16

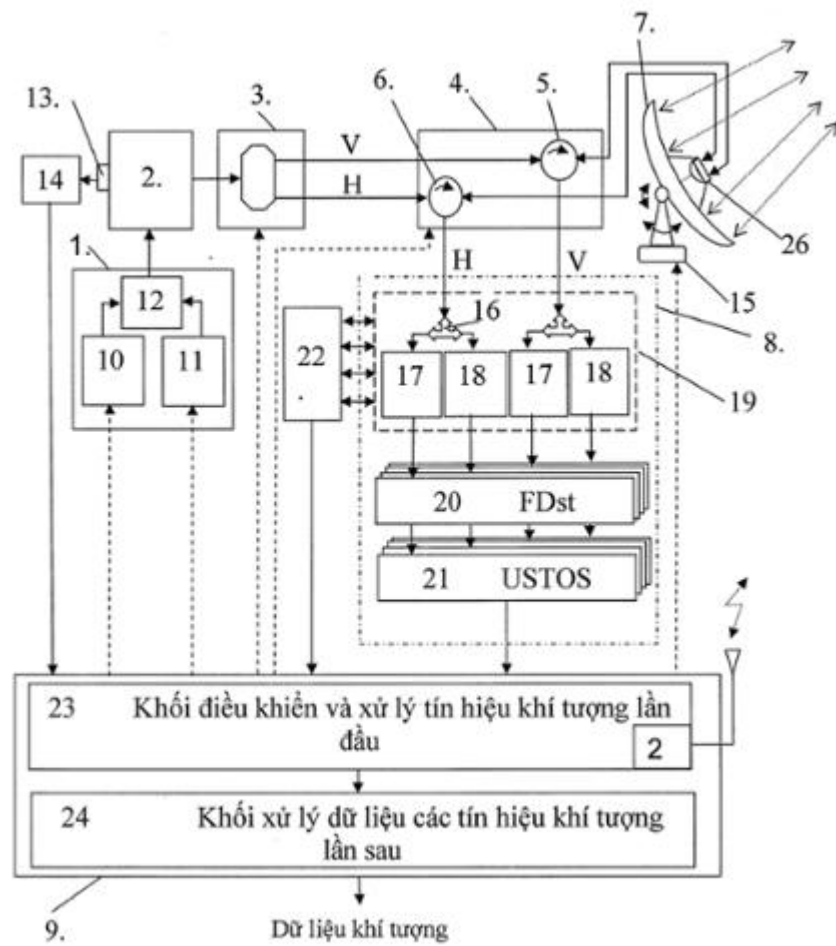
(72) BENDERSKY, Gennady Petrovich (RU); VOVSHIN, Boris Mikhailovich (RU); VILEGZHANIN, Ivan Sergeevich (RU); EFREMOV, Vyacheslav Samsonovich (RU); KORNEEV, Anatoly Nikolaevich (RU); NURGALIEV, Marat Rashidovich (RU); SEDLETSKY, Rudolf Mironovich (RU).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Trần & Trần (TRAN & TRAN CO., LTD.)

(54) RAĐA THỜI TIẾT DOPPLER

(57) Sáng chế đề cập đến radar thời tiết dropper được cấu tạo từ các thiết bị kết nối liên tục với nhau: máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau (1), máy phát băng tần rộng (2), thiết bị phân cực các tín hiệu vi sóng (3) và bộ chuyển mạch ăng-ten (4). Bộ chuyển mạch (4) trong trường hợp đơn giản có chứa hai bộ luân chuyển vi sóng (5 và 6), chúng được kết nối theo các tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu nhận (7) và theo các tín hiệu khí tượng phản xạ - với máy thu tín hiệu radar bốn kênh (8). Các đầu ra của máy thu tín hiệu radar (8) được kết nối với máy tính điều khiển (9). Máy tính (9) có chứa khối điều khiển (23 và 24) để xử lý dữ liệu khí tượng lần đầu và lần sau. Máy điều chế gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau (1) có chứa máy phát vi sóng (10) theo lệnh và máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian (11), đầu ra của chúng qua máy trộn (12) được kết nối với đầu vào tín hiệu của máy phát khuếch đại (2). Máy phát hai tần số (11) tạo gói các xung ngắn và dài theo tần số từ 1÷10 Mhz. Xung ngắn thuộc tần số trung gian chưa điều biến, còn xung dài - kèm điều biến nội xung.

Radar thời tiết giúp đo sự hình thành khí quyển với độ chính xác cao hơn ở khoảng cách lên đến hàng trăm cây số bằng cách sử dụng trình tự các chuỗi xung phân cực kép thăm dò có tần số khác nhau, độ dài khác nhau và khác nhau về độ rộng của phổ tần số.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến ngành khí tượng, cụ thể sáng chế đề cập tới radar thời tiết Doppler phân cực kép.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hầu hết các radar thời tiết Doppler hiện đại được đề cập đến trong các tài liệu từ TL1 đến TL8, sau đây gọi tắt là các radar thời tiết, sử dụng các tín hiệu thăm dò phân cực, khi hoạt động chúng sử dụng phương án phân cực đơn để tăng hệ số phản xạ từ giáng thủy. Hình dáng của các mục tiêu khí tượng (hydrometeor) lỏng, sau đây gọi tắt là đối tượng thủy văn (ví dụ như hạt mưa), không còn ở dạng hình cầu khi bán kính của chúng lớn hơn 1 mm, lúc này chúng có hình gần với khối cầu dẹt có đáy phẳng (giống bánh mì làm hamburger), hình dáng này tạo phản xạ mạnh hơn cho tín hiệu phân cực ngang. Do vậy các trạm radar hiện đại thường sử dụng phân cực ngang để tăng phản xạ từ giáng thủy.

Tuy nhiên, radar thời tiết phân cực đơn có những hạn chế lớn trong vùng sóng bị che khuất một phần và không đảm bảo việc phân loại các mục tiêu khí tượng.

Để khắc phục những nhược điểm này, các radar thời tiết đề cập trong TL9 có xung tín hiệu phân cực ngang và dọc luân phiên đã được nghiên cứu và phát triển. Những radar thời tiết phân cực kép như vậy đôi khi còn được gọi là "các trạm radar thời tiết phân cực", chúng có một số ưu điểm hơn so với các radar thời tiết thông thường trong việc đánh giá loại và lượng giáng thủy. Một trong những ưu điểm quan trọng nhất của loại radar này là khả năng phân biệt giữa mưa đá và mưa, phát hiện mưa kèm pha hỗn hợp và đánh giá được lượng mưa.

Các radar thời tiết hiện đại phân cực kép sử dụng sự chuyển đổi liên tục giữa phân cực dọc tuyến tính và phân cực ngang tuyến tính để thu thập các dữ liệu mở rộng, như: hệ số phản xạ khi phân cực ngang và dọc; khả năng phản xạ vi phân cho hai hệ số phản xạ; chuyển động tích lũy theo pha giữa các tín hiệu phản xạ phân cực dọc và ngang; hệ số tương quan giữa các tín hiệu phản xạ phân cực dọc và ngang; hệ số khử phân cực khi phát sóng phân cực tuyến tính.

Ngoài ra, vận tốc Doppler và chiều rộng phổ cũng có thể thu được bằng cách xử lý các tín hiệu phản xạ phân cực dọc và ngang tương ứng. Các radar thời tiết có xử lý tín hiệu phân cực như vậy đã được biết đến được đề cập trong các tài liệu TL2, TL3, TL4, TL5, TL7, TL9 chúng cho phép phân loại mưa theo hình dáng của các mục tiêu khí tượng đã đo được. Thêm nữa, bằng cách kiểm tra sự khác biệt pha giữa phân cực dọc và ngang nhận được, các ảnh hưởng do hiện tượng sóng của radar thời tiết bị che khuất một phần được giảm thiểu và bằng cách này giảm thiểu các tín hiệu phản xạ bị nhiễu.

Tuy nhiên, giả định cơ bản của các phương pháp này đang hạn chế khả năng ứng dụng của chúng trong các radar thời tiết, giả định này cho rằng các xung nối tiếp (của mỗi phân cực) phải tương quan chặt chẽ với nhau, và rằng trong thực tế rất khó chế tạo thiết bị đáp ứng được nhu cầu này.

Các radar thời tiết phân cực kép được đề cập trong các tài liệu TL2, TL3, TL4, TL5, TL7, TL9 chuyển từ dạng phân cực này sang dạng phân cực khác theo từng xung. Để thực hiện việc chuyển phân cực, các radar này sử dụng bộ chuyển mạch công suất ống dẫn sóng tác dụng nhanh (trong công nghiệp thường được gọi theo thuật ngữ chung "bộ chuyển mạch ống dẫn sóng trực giao"), chúng được dùng để chuyển mạch công suất phát giữa ống dẫn sóng theo phương dọc và ống dẫn sóng theo phương ngang. Chuyển động phân cực theo ống dẫn sóng gây ra bởi hiệu ứng Faraday, đây là một kỹ thuật nổi tiếng. Theo các tài liệu TL9 và TL10, một radar thời tiết điển hình bao gồm các thiết bị đã được biết đến rộng rãi trong lĩnh vực này, chúng là một máy phát Klystron, bộ ghép hai hướng, bộ luân chuyển kênh, máy thu kỹ thuật số, các khớp quay, ví dụ như các khớp theo góc và các khớp theo phương vị (được sử dụng để dịch chuyển các ăng-ten theo góc và phương vị), và chân đế hỗ trợ kèm phễu gom sóng và ăng ten.

Đối với radar thời tiết luân phiên phân cực kép, vấn đề chính trong thực tế là những hạn chế liên quan đến việc sử dụng bộ chuyển mạch công suất. Các bộ chuyển mạch này là những chi tiết thiết bị chuyên dùng, không những rất đắt mà còn khó bảo dưỡng. Ngoài ra, khả năng chuyển đổi hoàn toàn giữa hai chế độ phân cực tương đối yếu. Các nhà sản xuất quen với việc cài đặt và bảo trì các hệ thống trong thực tế nhận thấy độ tin cậy của các bộ chuyển mạch công suất phân cực kép giảm khi giảm tần số phát, điều này làm hạn chế việc đưa các trạm radar thời tiết phân cực kép vào sử dụng. Bộ chuyển mạch luân phiên hai cực là thiết bị để quay mặt phân cực dựa trên Ferit. Bộ chuyển mạch hoạt động theo nguyên lý kích thích từ trường trong lõi ferit trước khi

truyền xung. Sự tương tác giữa từ trường và xung điện từ gây ra hiệu ứng Faraday, tức là việc quay mặt phân cực diễn ra khi xung đi qua không gian chứa đầy ferit. Kết quả của quá trình này là năng lượng của xung sẽ được chuyển đến một trong hai cổng ra: nằm dọc hoặc nằm ngang. Kích thước của lõi ferit phụ thuộc vào bước sóng, và do vậy, phụ thuộc vào tần số hoạt động của hệ thống radar. Bước sóng càng dài thì kích thước của các lõi ferit càng lớn và diện tích bề mặt hấp thụ năng lượng vi sóng cũng càng lớn. Các chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này hiện nay cho rằng việc bộ chuyển mạch không hoạt động tại giá trị tần số tương đối thấp trong băng tần S (nghĩa là bước sóng trong khoảng 10cm) là do có sự thay đổi trong cấu trúc tinh thể của vật liệu ferit xảy ra do sự tăng hấp thụ năng lượng ở những tần số này. Ở những tần số cao hơn, ví dụ trong băng tần C và X, các nhà sản xuất gặp ít vấn đề hơn với việc không chuyển mạch, nhưng vẫn tiếp tục gặp phải một số vấn đề khác. Những nhà sản xuất khác thích sử dụng các bộ chuyển mạch cơ chứ không phải điện từ tại các trạm trong băng tần S. Tuy nhiên các bộ chuyển mạch cơ có những hạn chế khác mà chúng ta đã biết, ví dụ như tần số hoạt động bị cố định cho từng khối chuyển mạch đã chọn, điều này giới hạn các thông số hoạt động của hệ thống radar bởi giai đoạn lặp xung bị cố định.

Một hạn chế nữa của các radar thời tiết hiện đại phân cực kép luân phiên là thời gian phân tích lâu và giảm khoảng tốc độ. Bất kỳ tín hiệu phản xạ nhận được nào cũng là kết quả của hai sự phân cực, giả định là chúng đến từ cùng một đối tượng phát xạ (ví dụ từ các mục tiêu khí tượng). Để so sánh dữ liệu của các kênh phân cực dọc và ngang, trong các radar thời tiết hiện đại sử dụng bộ chuyển mạch ống dẫn sóng, xung của loại phân cực này được truyền cùng giai đoạn trễ tiếp theo (cùng thời gian phân tích), đây cũng là lúc nhận các tín hiệu phản xạ. Sau đó xung của loại phân cực kia được gửi đến, và các dữ liệu bổ sung được tiếp nhận bởi chính hệ thống tiếp nhận (duy nhất) trong thời gian phân tích thứ hai. Như vậy, việc tiếp nhận các tín hiệu phản xạ diễn ra trong hai giai đoạn phân tích này khi xoay ăng-ten ở một góc nằm trong giới hạn của một chiều rộng sóng, kết quả là tổng thời gian phân tích để thăm dò tại mỗi chiều rộng sóng bị kéo dài hơn. Tương tự như vậy, do thời gian phân tích để thăm dò trên mỗi chiều rộng sóng (phân cực dọc + ngang) tăng gấp đôi, sự tiếp nhận tốc độ tính toán sẽ giảm đi một nửa, làm hạn chế khả năng của các hệ thống hiện đại cho phép tốc độ quét tương đối cao trong các tín hiệu radar phản xạ.

Hơn nữa, đối với các radar thời tiết có sự chuyển mạch phân cực luân phiên kể trên cũng gặp phải những vấn đề thực tiễn được đề cập trong tài liệu TL10. Cụ thể, việc truyền liên tục các chuỗi xung radar theo ống dẫn sóng dài gây ra sự biến dạng pha và biên độ dạng sóng, điều này có thể gây khó khăn cho quá trình xử lý các tín hiệu phản xạ lại từ mục tiêu. Hơn nữa, việc truyền liên tục các xung radar qua các khớp quay góc và phương vị được thiết kế để hướng ăng-ten theo góc và phương vị dẫn đến việc có thêm các biến dạng, là nguyên nhân gây suy giảm tín hiệu. Những biến dạng như vậy đòi hỏi quá trình xử lý phức tạp để điều chỉnh lại các tín hiệu radar phản xạ đã thu được, làm giảm độ tin cậy của các dữ liệu về khả năng phản xạ các mục tiêu trong các trạm radar có phân cực luân phiên.

Do vậy cần hoàn thiện radar thời tiết phân cực kép để chuyển đổi từ chế độ phân cực luân phiên sang chế độ phân cực kép cùng lúc, để giải quyết những vấn đề như thời gian phân tích bị kéo dài, giảm khoảng tốc độ, cũng như làm giảm giá thành và đỡ gây khó khăn cho quá trình bảo dưỡng các bộ chuyển mạch phân cực được sử dụng hiện nay trong các radar thời tiết phân cực kép.

Các radar thời tiết phân cực kép cùng lúc đã biết được đề cập trong các tài liệu từ TL10 đến TL14 sử dụng một máy phát cùng tần số, một bộ chia công suất tần số radar thay cho các bộ chuyển mạch phân cực hoạt động nhanh đang được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống nhằm đảm bảo quá trình truyền và thu các tín hiệu phân cực dọc và ngang cùng lúc. Theo đó các chi tiết quan trọng của máy thu được đặt phía trên, nằm cao hơn góc quay liên kết với trạm radar, để tránh biến dạng trình tự các chuỗi xung radar do lỗi pha trong ống dẫn sóng và tận dụng được ưu thế do việc truyền cùng lúc các tín hiệu phân cực. Ngoài ra, gắn thêm bộ chuyển mạch vòng để cho phép chuyển đổi các chế độ hoạt động của trạm radar, và cấu trúc thiết bị được ghi lại để nhận tín hiệu phân cực kép, cho phép thu thập thông tin hiệu quả hơn về hệ số khử cực cho vùng khí quyển được lựa chọn.

Cấu tạo của radar này loại bỏ được các vấn đề kéo dài thời gian phân tích cũng như giảm khoảng tốc độ đo được của các mục tiêu khí tượng. Ngoài ra, những thiết kế như đã miêu tả loại bỏ được bộ chuyển mạch phân cực tương đối đắt đỏ và không đáng tin cậy đang được sử dụng trong các trạm radar hiện đại.

Nhược điểm của radar này là sự thiếu chính xác khi đo các đặc điểm phân cực của mục tiêu khí tượng và sự nhiễu loạn của khí quyển do chúng chỉ sử dụng một máy phát

cùng tần số gây giới hạn phạm vi đo các thông số phổ của mục tiêu khí tượng, cũng chính điều này làm giảm độ ưu việt của radar kể trên.

Radar thời tiết Doppler (radar thời tiết) phân cực kép đã biết được đề cập trong tài liệu TL15 có cấu tạo gồm các thiết bị kết nối liên tục với nhau bao gồm: một máy phát, một thiết bị phân cực các tín hiệu vi sóng, một bộ chuyển mạch ăng-ten; bộ chuyển mạch ăng-ten này liên kết theo các tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu-phát và theo các tín hiệu khí tượng được phản xạ lại – với bộ tiếp nhận tín hiệu radar 4 kênh, đầu ra kỹ thuật số của bộ tiếp nhận này kết nối với một máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng.

Trong đó máy phát thực hiện chức năng tạo xung và có cấu tạo gồm hai máy phát xung vi sóng băng tần hẹp (máy Manhêtron hoặc máy phát Klystron) phát các xung theo tần số khác nhau. Ăng-ten thu phát thực hiện chức năng phản xạ theo hướng đồ thị dạng sóng và được gắn trên một trục các đăng có khả năng quét đồng thời lớp khí quyển trên mặt đất bằng các sóng phân cực trực giao có hai tần số khác nhau theo phương vị và góc dưới sự điều khiển của máy tính.

Nhược điểm của radar thời tiết này là dữ liệu khí tượng thu được và khả năng dự báo thời tiết có độ chính xác không cao do các phép đo phân cực và sự hiệu chỉnh các kênh của thiết bị thu sóng radar và máy phát gặp lỗi tương đối lớn.

Danh sách các tài liệu được trích dẫn

Tài liệu phi sáng chế

TL1: “Considerations for Polarimetric Upgrades to Operational WSR-88D Radars” – Tác giả Doviak, R.J., V. Bringi, A. Ryzhkov, A. Zahrai, D.S.Zrnic. - Tạp chí J. Atmos and Oceanic, 2000.17 (trang 257-278).

TL2: “The use of polarization data in the operational identification of hydrometeor and non-hydrometeor targets” - Hội nghị lần thứ 29 về Radar Meteorology - Montreal, Canada, Hiệp hội khí tượng Hoa Kỳ 1999 (trang 178-179) - Các tác giả: Liu, Y., J.W.Conway, E.A.Brandes, A.V.Ryzhkov, J. Vivekanandan, D.S.Zrnic, R. Oye.

TL3: "Hydrometeor classification with a polarimetric radar for improved rainfall measurements and detection of hail and electrically charged regions", Preprints - Tác giả Ryzhkov A., R.Lopez, R. Fulton, D. Zrnic, T. Schuur, Y. Liu. - hội nghị lần thứ 29 về Radar Meteorology, Montreal, Canada: American Meteorological Society, 1999:289-292.

TL4: "Discrimination between rain and snow with a polarimetric radar" - tác giả Ryzhkov, A.V. D. S.Zrnic -. Tạp chí khí tượng học ứng dụng năm 1999 (trang 1228-1240).

TL5: "Area Rainfall Estimates Using Differential Phase" - Tác giả Ryzhkov, A.V., D.S.Zrnic, R.Fulton - Tạp chí khí tượng học ứng dụng năm 2000 (trang 263-268).

TL6: "Introduction to Radar Systems" - Tác giả Skolnik, Merrill I. New York, tái bản lần thứ 3 năm 2001

TL7: "Cloud microphysics retrieval using S-band dual- polarization radar measurements." – Tác giả Vivekanandan, J., D.S.Zrnic, S.M.Ellis, R. Oye, A.V.Ryzhkov, J.Straka - Bản tin của Hiệp hội khí tượng Hoa Kỳ năm 1999 (trang 381-388).

TL8: "Implementation of Polarimetric Capability for the WSR-88D (NEXRAD) Radar" - Tác giả Zahrai Alien, Dr. Dusan Zrnic - Long Beach, California - Hiệp hội khí tượng Hoa Kỳ năm 1997.

TL9: "Polarimetry for weather surveillance radars" – Tác giả Zrnic, D.S., A.V.Ryzhkov- Bản tin của hiệp hội khí tượng hoa kỳ năm 1999 (trang 389-406).

Tài liệu sáng chế

TL10: Bằng độc quyền sáng chế Mỹ số US 5500646 A.

TL11: Công bố đơn sáng chế quốc tế số WO 2006052431 A1.

TL12. Bằng độc quyền sáng chế Nga số RU 2394254 C2.

TL13: Công bố đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Trung Quốc số CN1800876A.

TL14: Công bố đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế tại Nhật Bản số JP H09281131 A.

TL15: Bằng độc quyền sáng chế Mỹ số US 7355546 B2 (có sáng chế đồng dạng theo công bố đơn sáng chế quốc tế số WO 2007079472 A2).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là tăng độ chính xác cho các thông tin khí tượng nhận được và dự báo thời tiết chính xác hơn.

Giải pháp kỹ thuật theo sáng chế được tạo ra cho mục tiêu này, theo đó làm giảm sai sót của các phép đo phân cực và sự hiệu chỉnh kênh của thiết bị thu sóng radar và máy phát.

Hiệu quả của giải pháp kỹ thuật đạt được theo sáng chế được yêu cầu bảo hộ và, do vậy, giải quyết được mục tiêu đã nêu, cụ thể là đề xuất radar thời tiết Doppler phân cực kép có các thiết bị kết nối liên tục với nhau: một máy phát, một thiết bị phân cực các tín hiệu vi sóng, một bộ chuyển mạch ăng-ten; bộ chuyển mạch ăng-ten liên kết theo các tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu-phát và theo các tín hiệu khí tượng được phản xạ - với bộ tiếp nhận tín hiệu radar 4 kênh, đầu ra kỹ thuật số của bộ tiếp nhận này kết nối với một máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng, theo sáng chế radar được gắn thêm máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau, về phần mình, máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau có cấu tạo từ một máy phát vi sóng theo lệnh cho trước và một máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian, đầu ra của chúng qua máy trộn được kết nối với đầu vào tín hiệu của một máy phát khuếch đại.

Trong trường hợp này máy phát ở dạng máy phát khuếch đại Klystron hoặc bộ khuếch đại bán dẫn dạng rắn. Máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian được cấu tạo từ hai thiết bị kết nối với nhau: máy tạo xung ngắn, dài theo tần số trung gian dạng kỹ thuật số và một bộ chuyển đổi tín hiệu kỹ thuật số sang tương tự. Các xung ngắn và dài của máy tạo xung có tần số khác nhau theo đơn vị ΔF , xung ngắn thuộc tần số trung gian chưa điều biến, còn xung dài - kèm điều biến nội xung, độ dài xung ngắn τ_1 và xung dài τ_2 thuộc tần số trung gian, hiệu tần số của chúng, cũng như thời gian nghỉ T giữa chúng được lựa chọn từ điều kiện:

$$\tau_1 \approx \{\tau_2\}^{\text{nén}}; \{\tau_2\}^{\text{nén}} \ll \tau_2; T \geq \tau_1 + \tau_2,$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 1 \div 10 \text{ MHz}, F_2 = F_2^0 \pm \Delta f, \Delta f \in \{1 \div \Delta f_{\text{max}}\},$$

trong đó: $\{\tau_2\}^{\text{nén}}$ - độ dài của tín hiệu băng tần rộng bị nén lại (kèm điều biến nội xung);

F_1 - tần số của xung ngắn chưa điều biến;

F_2 - tần số hiện tại của xung dài kèm điều biến nội xung;

F_2^0 - giá trị trung tâm của F_2 ;

$\Delta f, \Delta f_{\text{max}}$ - giá trị lệch (độ lệch) hiện tại và tối đa có thể nhận được của tần số F_2 theo giá trị trung tâm F_2^0 tại tần số này.

Ăng-ten thu nhận là ăng-ten parabol kèm sóng dạng kim và thiết bị dẫn động chạy điện theo phương vị và góc, ở dạng mạng ăng-ten định pha tuyến tính – phễu quét theo góc, nằm dọc định hướng theo chiều phản xạ parabol có trang bị thiết bị dẫn động chạy điện theo phương vị; hoặc dạng mạng ăng-ten định pha vuông góc quét điện tử theo phương vị và góc dưới sự điều khiển của máy tính. Ăng-ten thu nhận có một kênh phân cực ngang và/hoặc một kênh phân cực dọc, theo đó mỗi kênh phân cực được kết nối theo các tín hiệu phản xạ với hai kênh tương ứng của máy thu tín hiệu radar bốn kênh. Để giảm thiểu sự biến dạng của các tín hiệu phản xạ thu được, máy thu có cấu tạo gồm một bộ giảm cho mỗi kênh phân cực, bộ giảm này chịu tải mà không làm suy giảm tín hiệu trên kênh thu chính và làm giảm tín hiệu đến 20 ÷ 40 dB cho kênh thu phụ; theo đó mỗi kênh có cấu tạo gồm các thiết bị sau gắn nối tiếp với nhau: một máy thu đổi tần đầu ra kỹ thuật số, một bộ tách sóng pha kỹ thuật số và một thiết bị xử lý tín hiệu kỹ thuật số có chương trình để lọc các xung bị nhiễu, nén các kênh băng tần rộng và xử lý phổ các tín hiệu nhận được. Máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng có cấu tạo gồm một khối điều khiển và xử lý thông tin khí tượng lần đầu và khối xử lý thông tin khí tượng lần sau, hai khối này nối với nhau qua cáp hoặc theo giao diện kết nối dạng sóng vô tuyến. Khối điều khiển và xử lý thông tin khí tượng lần đầu có chương trình để liên kết các kết quả đo phản xạ, tốc độ xuyên tâm, chiều rộng phổ theo tọa độ trong không gian, còn khối xử lý lần sau - có chương trình xác định kết quả của quá trình xử lý tín hiệu lần đầu, chương trình chuyển đổi các dữ liệu khí tượng thành dạng dễ sử dụng để chuyển cho những đối tượng có nhu cầu sử dụng dữ liệu khí tượng đã thuê bao. Khối xử lý thông tin khí tượng ban đầu được trang bị thêm bộ thu GLONASS/GPS để đồng hóa các đo đạc khí tượng và truyền các dữ liệu khí tượng trong hệ thống theo cùng đơn vị thời gian.

Việc gắn thêm máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau cho phép tăng độ chính xác của các phép đo các thông số phân cực của khí quyển nhờ tăng phổ tín hiệu thăm dò và cùng lúc cho phép thu nhận các tín hiệu từ tầm xa tối thiểu (trăm mét nhờ tín hiệu băng tần hẹp) đến tối đa (hàng trăm km nhờ tín hiệu băng tần rộng) trong khi các phép đo và dự báo thời tiết vẫn đạt độ chính xác cao.

Việc lựa chọn hợp lý độ dài các xung, giai đoạn hành trình, phổ của chúng và hiệu số hợp lý theo tần số của các xung băng tần rộng và hẹp giúp giảm sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các tín hiệu phát và phản xạ lên quá trình đo các đặc điểm phân cực của quá

trình hình thành khí tượng trong khí quyển và ngoài ra còn giúp tăng độ chính xác cho việc dự báo thời tiết và các dữ liệu khí tượng nhận được.

Nói chung, những lợi thế kỹ thuật kể trên cho phép đạt được kết quả kỹ thuật mong muốn và do vậy - giải quyết được mục tiêu kỹ thuật đã nêu.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa thể hiện chi tiết cấu tạo của Rada thời tiết Doppler.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mô tả tĩnh: Rada thời tiết Doppler phân cực kép (rada thời tiết) được cấu tạo từ các thiết bị kết nối liên tục với nhau: máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau 1, máy phát khuếch đại băng tần rộng 2, thiết bị phân cực các tín hiệu vi sóng 3 và bộ chuyển mạch ăng-ten 4. Bộ chuyển mạch 4 trong trường hợp đơn giản có chứa hai bộ luân chuyển vi sóng 5 và 6, chúng được kết nối theo các tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu nhận 7 và theo các tín hiệu phản xạ lại – với máy thu tín hiệu rada bốn kênh 8. Đầu vào kỹ thuật số của máy thu tín hiệu rada 8 được kết nối với máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng 9. Máy điều chế gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau 1 có chứa một máy phát vi sóng theo lệnh 10 và máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian 11, đầu ra của chúng qua máy trộn 12 được kết nối với đầu vào tín hiệu của máy phát khuếch đại 2. Máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian 11 được cấu tạo từ hai thiết bị kết nối liên tục với nhau: máy tạo xung ngắn, dài theo tần số trung gian dạng kỹ thuật số và một bộ chuyển đổi tín hiệu kỹ thuật số sang tương tự (trên hình không thể hiện). Các xung ngắn và dài của máy tạo xung 11 khác nhau về tần số theo đơn vị ΔF , xung ngắn thuộc tần số trung gian chưa điều biến, còn xung dài - kèm điều biến nội xung. Độ dài các xung ngắn τ_1 và xung dài τ_2 thuộc tần số trung gian, hiệu tần số của chúng, cũng như thời gian nghỉ T giữa chúng được lựa chọn từ điều kiện:

$$\tau_1 \approx \{\tau_2\}^{\text{nén}}; \{\tau_2\}^{\text{nén}} \ll \tau_2; T \geq \tau_1 + \tau_2, \quad (1)$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 1 \div 10 \text{ MHz}, F_2 = F_2^0 \pm \Delta f, \Delta f \in \{1 \div \Delta f_{\text{max}}\}, \quad (2)$$

trong đó: $\{\tau_2\}^{\text{nén}}$ - độ dài của tín hiệu băng tần rộng bị nén lại (kèm điều biến nội xung);

F_1 – tần số của xung ngắn chưa điều biến;

F_2 – tần số hiện tại của xung dài kèm điều biến nội xung;

F_2^0 – giá trị trung tâm của F_2 ;

$\Delta f, \Delta f_{\max}$ – giá trị lệch (độ lệch) hiện tại và giá trị tối đa có thể nhận được của tần số F_2 theo giá trị trung tâm F_2^0 tại tần số này.

trong đó: $\{\tau_2\}^{\text{nén}}$ - độ dài của tín hiệu băng tần rộng bị nén lại.

Giá trị của đơn vị τ_1 và τ_2 trong biểu thức (1) có thể là một số hoặc hàng trăm micro giây. Xung dài băng thông rộng τ_2 kèm điều biến nội xung có thể được thực hiện ở dạng các tín hiệu vận dụng mã hóa pha (FKM), các tín hiệu điều tiết tần số tuyến tính (LCHM) hoặc ở những dạng tín hiệu kèm điều biến nội xung phức tạp khác.

Máy phát tín hiệu vi sóng theo lệnh 10 và máy phát hai tần số theo tần số trung gian 11 được kết nối với đầu vào điều khiển của máy tính, còn theo đầu ra qua máy trộn 12 gắn với đầu vào tín hiệu của máy phát 2. Máy phát 2 ở dạng một bộ khuếch đại công suất băng thông rộng, thường sử dụng máy phát khuếch đại Klystron hoặc bộ khuếch đại bán dẫn dạng rắn. Đầu ra vi sóng của máy phát khuếch đại 2 được kết nối trực tiếp với thiết bị phân cực 3 và thông qua bộ giảm với hệ số giảm cho trước 13 kết nối với đầu vào tương tự của máy đo công suất 14. Máy đo công suất 14 có cấu tạo gồm hai thiết bị nối với nhau: một đầu dò và một máy đo công xuất xung kỹ thuật số cho các tín hiệu thăm dò, đầu ra của máy 14 kết nối với đầu vào tín hiệu của máy tính 9. Thiết bị phân cực 3 hoạt động ở dạng máy tạo phân cực phát vi sóng bằng ferit hoặc ở dạng máy chia công suất vi sóng có trang bị ống dẫn sóng chữ E có mặt cắt hình chữ nhật (dọc và ngang). Đầu ra của thiết bị phân cực 3 theo phân cực V (dọc) và theo phân cực H (ngang) được kết nối với các đầu vào đầu tiên của bộ luân chuyển 5 và 6. Các bộ luân chuyển 5 và 6 được kết nối theo tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu nhận 7 và theo các tín hiệu khí tượng phản xạ - với máy thu tín hiệu radar bốn kênh 8. Ăng-ten 7 hoạt động ở dạng các ăng-ten parabol với sóng hình kim, có gắn thiết bị dẫn động chạy điện theo phương vị và góc 15. Theo các phương án khác, ăng-ten 7 có thể ở dạng mạng ăng-ten định pha tuyến tính, được lắp đặt dọc theo chiều phản xạ kèm quét điện tử theo góc, cũng như quét cơ điện theo phương vị. Cũng có thể sử dụng ăng-ten 7 ở dạng mạng ăng-ten định pha vuông góc kèm quét điện tử theo phương vị và góc dưới sự điều khiển của máy tính. Các đầu ra của bộ luân chuyển 5 và 6 theo các tín hiệu phản xạ cho mỗi phân cực H và V được gắn vào bộ nhận tín hiệu radar bốn kênh 8. Để giảm thiểu sự biến dạng của các tín hiệu phản xạ thu được, máy thu tín hiệu radar 8 có bộ giảm 16 cho từng phân cực H và V của các tín

hiệu phản xạ, bộ giảm này không làm suy giảm tín hiệu trên kênh thu chính và làm giảm tín hiệu đến $20 \div 40$ dB - trên kênh thu phụ 18;

Tất cả các kênh của máy thu tín hiệu radar 8 hoạt động theo cùng một cách và có cấu tạo gồm các thiết bị gắn nối tiếp với nhau: khối 19 có các thiết bị thu đổi tần 17 và 18 kèm đầu ra kỹ thuật số, bộ tách sóng pha kỹ thuật số 20 (FD_{st}) và thiết bị xử lý các tín hiệu khí tượng dạng kỹ thuật số 21 (USTOS), thiết bị xử lý này được trang bị chương trình lọc các xung nhiễu, nén các tín hiệu băng tần rộng và xử lý phổ các tín hiệu nhận được. Tại các đầu vào của bộ thu 17 và 18 có gắn thiết bị bảo vệ và hướng dẫn (không thể hiện trên hình). Thiết bị bảo vệ và hướng dẫn được dùng để bảo vệ các bộ khuếch đại tiếng ồn thấp của bộ tiếp nhận 17 và 18 khỏi năng lượng vi sóng bị rò rỉ từ máy phát 2 và khỏi các tín hiệu từ các thiết bị vô tuyến khác. Để hiệu chuẩn các kênh tiếp nhận 17 và 18 theo độ nhạy và hệ số khuếch đại sử dụng máy đo độ nhạy 22 của các kênh tiếp nhận. Máy đo này được kết nối theo đầu ra đã hiệu chuẩn với các đầu vào khối 19 của các thiết bị thu đổi tần 17 và 18 kèm phân cực dọc và ngang, còn theo đầu vào đã đo - với các đầu ra kỹ thuật số của chúng. Máy đo 22 và thiết bị xử lý các tín hiệu kỹ thuật số 21 tương ứng theo kết quả đo các giá trị không được hiệu chuẩn của các kênh thu nhận và theo kết quả xử lý các tín hiệu phản xạ được kết nối với máy tính 9. Máy tính 9 có chứa khối điều khiển và xử lý tín hiệu khí tượng lần đầu 23 và khối xử lý tín hiệu khí tượng lần sau 24, hai khối này nối với nhau bằng cáp "theo cặp xoắn", giao diện kết nối bằng cáp quang hoặc vô tuyến. khối 23 được trang bị thêm bộ thu GLONASS/GPS để đồng hóa các đo đạc khí tượng và truyền các dữ liệu khí tượng trong hệ thống theo cùng đơn vị thời gian, khối này có chương trình để liên kết các kết quả đo phản xạ, tốc độ xuyên tâm, chiều rộng phổ theo tọa độ của chúng trong không gian. khối xử lý lần hai 24 có chương trình xác định kết quả của quá trình xử lý tín hiệu lần đầu, chương trình chuyển đổi các dữ liệu khí tượng thành dạng dễ sử dụng để chuyển cho những đối tượng có nhu cầu sử dụng dữ liệu khí tượng đã thu về bao.

Mô tả cách thức hoạt động: Radar thời tiết Doppler (radar thời tiết) phân cực kép hoạt động theo nguyên tắc sau đây.

Dưới sự điều khiển của máy tính 9, máy điều chế gói tín hiệu thăm dò bằng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau 1 tạo ra một chuỗi các gói xung từ hai loại xung điện từ: xung ngắn băng tần hẹp (chưa điều biến theo tần số mang) và xung dài băng tần rộng kèm điều biến nội xung, chúng nằm trong khoảng tần số từ 1-10 MHz và

theo thời gian $T \geq \tau_1 + \tau_2$, trong đó τ_1, τ_2 là độ dài của các xung thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng. Sau đó, các tín hiệu này được truyền đến máy phát Klystron 2, tại đây chúng được khuếch đại và được chuyển sang thiết bị phân cực 3. Thiết bị phân cực 3 chia các xung điện từ vào hai kênh có phân cực trực giao và qua bộ chuyển mạch ăng-ten 4 đưa chúng đến ăng-ten 7 có kèm hướng góc thăm dò đã được máy tính 9 quy định. Sau đó ăng-ten 7 phát các tín hiệu nhận được vào không gian theo dạng sóng "hình kim" hoặc "hình quạt" có phân cực kép trực giao. Các tín hiệu phản xạ phân cực từ các mục tiêu khí tượng mang thông tin về cấu trúc phân cực của các mục tiêu khí tượng, dạng của chúng (mưa, tuyết), đường kích cắt ngang và vận tốc chuyển động góc được ăng-ten 7 thu nhận, sau đó các tín hiệu này theo bộ chuyển mạch 4 đi vào các kênh chính 17 và kênh phụ 18 của máy thu tín hiệu radar 8 theo sự phân cực tương ứng. Các tín hiệu phản xạ yếu từ các đối tượng thủy văn nằm ở xa qua kênh chính 17 mà không bị làm yếu đi. Trong trường hợp có các tín hiệu mạnh từ các đối tượng thủy văn ở gần và trong trường hợp quá tải kênh chính 17, các tín hiệu phản xạ sẽ được kênh phụ 18 tiếp nhận và xử lý. Máy thu tín hiệu radar bốn kênh 8 thực hiện việc tối ưu hóa quá trình phản xạ, khuếch đại, chuyển đổi và phát hiện các tín hiệu phản xạ nhận được. Trong khối 19 thuộc radar này, các thiết bị thu đổi tần 17 và 18 thực hiện việc khuếch đại và chuyển đổi các tín hiệu phản xạ sang tần số trung gian và chuyển thành dạng kỹ thuật số. Các tín hiệu đã được khuếch đại trong các máy thu 17 và 18 ở dạng kỹ thuật số sẽ được truyền sang các bộ tách sóng pha kỹ thuật số tương ứng (FD) 20. Tại mỗi máy FD 20 sẽ diễn ra quá trình đo đạc các mặt cắt vuông góc nhận được của các mục tiêu khí tượng, tạo theo tần số và sự phân cực các ma trận tín hiệu kỹ thuật số mang thông tin về kích thước của các mục tiêu khí tượng theo hướng góc thăm dò khí quyển. Tiếp theo, các ma trận tín hiệu kỹ thuật số vừa tạo được truyền sang thiết bị xử lý kỹ thuật số các tín hiệu khí tượng 21. Tại thiết bị 21 diễn ra quá trình lọc kỹ thuật số các xung bị nhiễu không đồng bộ, nén các tín hiệu băng tần rộng và/ hoặc xử lý phổ tín hiệu băng tần rộng và hẹp nhận được tương ứng theo các kênh của máy thu tín hiệu radar 8. Nhờ quá trình nén, các tín hiệu phức tạp có độ dài τ_2 ms được nén đến đơn vị phân giải τ_1 ms với mức độ búp sóng bên theo tâm xa dưới 40 dB. Tiếp theo, sau quá trình lọc vận tốc bằng 0, các tín hiệu nhận được đi vào khối điều khiển và xử lý tín hiệu khí tượng lần đầu 23 để tạo các mặt cắt hình nón của các thông số khí tượng cho các mục tiêu khí tượng (khả năng phản xạ, vận tốc xuyên tâm, chiều rộng phổ) và sau đó theo kết quả xử lý sự phân cực kép sẽ có thêm các thông

số bổ sung cho mục tiêu khí tượng: khả năng phản xạ vi sai, pha vi sai, hệ số tương tác chéo. Trong chế độ chỉ phát theo phân cực ngang - tỷ lệ các tín hiệu khí tượng khử cực tuyến tính. Để tăng độ chính xác khi đo các thông số của đối tượng thủy văn, hệ thống đo lường các thông số của radar được sử dụng: máy đo công suất các tín hiệu phát 14 và máy đo độ nhảy của các máy thu 22. Máy đo 14 đo công suất xung và tần số của các tín hiệu thăm dò và chuyển chúng đến khối 23 để tiến hành điều chỉnh ngưỡng phát hiện các tín hiệu khí tượng quan trọng theo phương vị, cũng như để thiết lập ngưỡng nén các "đơn vị tại chỗ" theo chuyển động tần số Doppler bằng 0 theo tín hiệu thăm dò và theo các tín hiệu khí tượng của các mục tiêu phản xạ lại. Máy đo 22 đưa tín hiệu hiệu chuẩn vào đầu vào của các thiết bị thu đôi tần 17 và 18 cho tất cả các phân cực và đo giá trị khuếch đại của tín hiệu tại các đầu ra để đánh giá các giá trị hiệu chuẩn theo độ nhảy và tần số khuếch đại của các kênh tiếp nhận 17 và 18 nhằm đưa ra sự điều chỉnh cần thiết tại khối 23 dạng thuật toán tính toán mặt cắt hình nón của các mục tiêu khí tượng. Sau khi kết thúc quá trình tính toán các thông số của mục tiêu khí tượng theo hướng thăm dò đã chọn, trong khối 23 diễn ra quá trình kết nối các tính toán với các tín hiệu từ hệ thống GLONASS/ GPS (thiết bị tiếp nhận 25). Sau đó từ khối 23 đến bộ truyền lực 15 và chảo 26 của ăng-ten 17 đưa ra hướng thăm dò bầu khí quyển theo góc luân phiên. Lúc này hướng thăm dò đã được chỉ định được xử lý và biểu đồ hướng của ăng-ten 7 được định hướng theo một góc thăm dò mới theo lệnh từ máy tính 9. Tiếp theo khối điều khiển 23 thuộc máy tính 9 sẽ phát các tín hiệu chỉ huy đến máy điều chế 1 để tạo các cặp tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và rộng theo trình tự luân phiên và quá trình đo đạc và tổng hợp các thông số của mục tiêu khí tượng và sự hình thành khí tượng phức tạp trong khu vực radar thời tiết hoạt động sẽ được lặp lại. Lúc này, việc quan sát không gian được thực hiện kèm sử dụng sự thay đổi các giai đoạn lặp lại để xác định vận tốc đơn trị của các đối tượng thủy văn trong phạm vi không ít hơn $-50 + 50$ m/s. Cùng lúc, tại khối 23 các dữ liệu khí tượng đã được xử lý sẽ được chuyển sang khối 24 để xử lý lần hai. Tại khối 24 diễn ra quá trình liên kết các dữ liệu khí tượng với khu vực đo đạc. Hướng chuyển động của các hiện tượng khí tượng nguy hiểm đang hình thành (lốc xoáy, dông, bão), việc dự báo xu hướng phát triển của các tình hình khí tượng và mức độ nguy hiểm của chúng đối với ngành hàng không và dân cư ở các khu vực lân cận được xác định. Tiếp theo, tại khối này diễn ra quá trình chuyển đổi các dữ liệu khí tượng thành dạng dễ sử dụng cho

những đối tượng có nhu cầu sử dụng dữ liệu khí tượng và cho các cơ quan ứng cứu khẩn cấp đã thuê bao.

Sáng chế không bị giới hạn bởi các phương án đã trình bày ở trên. Trong khuôn khổ của sáng chế còn có thể có những phương án khác. Theo đó khối xử lý lần hai các tín hiệu khí tượng 24 có thể được đặt tại trung tâm xử lý tình huống khẩn cấp theo khu vực từ xa, kết nối theo giao diện cáp quang và/hoặc sóng vô tuyến với khối 23 điều khiển các radar đang đặt trên lãnh thổ tại một hoặc nhiều khu vực. Radar thời tiết có thể được trang bị hệ thống điều khiển chức năng tự động, tiến hành chuẩn đoán radar để xác định tình trạng kỹ thuật và tìm ra vị trí báo lỗi (từ chối thực hiện lệnh) với độ chính xác đến từng đơn vị chức năng và cấu trúc, tạo các lệnh điều khiển chế độ hoạt động, tắt (bật) các thiết bị của máy.

Sáng chế được thực hiện dựa trên mẫu thử nghiệm và có thể được sử dụng trong các cơ quan kiểm soát không lưu, cảnh báo bão và những đơn vị khác liên quan cần sử dụng dữ liệu khí tượng.

Yêu cầu bảo hộ

1. Rađa thời tiết Doppler phân cực kép bao gồm các thiết bị kết nối liên tục với nhau: máy phát, thiết bị phân cực các tín hiệu vi sóng, bộ chuyển mạch ăng-ten; bộ chuyển mạch ăng-ten liên kết theo các tín hiệu thăm dò với ăng-ten thu-phát và theo các tín hiệu khí tượng được phản xạ - với bộ tiếp nhận tín hiệu rađa bốn kênh, đầu ra kỹ thuật số của bộ tiếp nhận này kết nối với một máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng, khác biệt ở chỗ, rađa theo sáng chế được gắn thêm máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau, về phần mình, máy điều chế các gói tín hiệu thăm dò băng tần hẹp và băng tần rộng có tần số khác nhau có cấu tạo từ một máy phát vi sóng theo lệnh cho trước và một máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian, đầu ra của chúng qua máy trộn được kết nối với đầu vào tín hiệu của một máy phát khuếch đại.

2. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 1, trong đó máy phát hai tần số thuộc tần số trung gian được cấu tạo từ hai thiết bị kết nối với nhau: máy tạo xung ngắn, dài theo tần số trung gian dạng kỹ thuật số và bộ chuyển đổi tín hiệu kỹ thuật số sang tương tự; các xung ngắn và dài của máy tạo xung có tần số khác nhau theo đơn vị ΔF , xung ngắn thuộc tần số trung gian chưa điều biến có độ dài τ_1 tính bằng đơn vị micro giây, còn xung dài τ_2 - hàng trăm micro giây kèm điều biến nội xung; độ dài các xung ngắn τ_1 và xung dài τ_2 của các tín hiệu thuộc tần số trung gian, hiệu tần số của chúng, cũng như thời gian nghỉ T giữa chúng được lựa chọn từ điều kiện:

$$\tau_1 \approx \{\tau_2\}^{\text{nén}}, \{\tau_2\}^{\text{nén}} \ll \tau_2; T \geq \tau_1 + \tau_2,$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 1 \div 10 \text{ MHz}, F_2 = F_2^0 \pm \Delta f, \Delta f \in \{1 \div \Delta f_{\text{max}}\},$$

trong đó: $\{\tau_2\}^{\text{nén}}$ - độ dài của tín hiệu băng tần rộng bị nén lại (kèm điều biến nội xung);

F_1 - tần số của xung ngắn chưa điều biến;

F_2 - tần số hiện tại của xung dài kèm điều biến nội xung;

F_2^0 - giá trị trung tâm của F_2 ;

$\Delta f, \Delta f_{\text{max}}$ - giá trị lệch (độ lệch) hiện tại và giá trị tối đa có thể nhận được của tần số

F_2 theo giá trị trung tâm F_2^0 tại tần số này.

3. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 1, trong đó ăng-ten thu nhận là ăng-ten parabol kèm sóng dạng kim và thiết bị dẫn động chạy điện theo phương vị và góc, ở dạng mạng ăng-

ten định pha tuyến tính – phễu quét theo góc, nằm dọc định hướng theo chiều phản xạ parabol có trang bị thiết bị dẫn động chạy điện theo phương vị; hoặc dạng mạng ăng-ten định pha vuông góc quét điện tử theo phương vị và góc dưới sự điều khiển của máy tính.

4. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 3, trong đó ăng-ten thu nhận có một kênh phân cực ngang và/hoặc một kênh phân cực dọc, theo đó mỗi kênh phân cực được kết nối theo các tín hiệu phản xạ với hai kênh tương ứng của máy thu tín hiệu rađa bốn kênh.

5. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 4, trong đó để giảm thiểu sự biến dạng của các tín hiệu phản xạ thu được, máy thu có cấu tạo gồm một bộ giảm cho mỗi kênh phân cực, bộ giảm này chịu tải mà không làm suy giảm tín hiệu trên kênh thu chính và làm giảm tín hiệu đến 20 ÷ 40 dB cho kênh thu phụ; theo đó mỗi kênh có cấu tạo gồm các thiết bị sau gắn nối tiếp với nhau: một máy thu đổi tần đầu ra kỹ thuật số, một bộ tách sóng pha kỹ thuật số và một thiết bị xử lý tín hiệu kỹ thuật số có chương trình để lọc các xung bị nhiễu, nén các kênh băng tần rộng và xử lý phổ các tín hiệu nhận được.

6. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 1, trong đó máy tính điều khiển và xử lý các tín hiệu khí tượng có cấu tạo gồm một khối điều khiển và xử lý thông tin khí tượng lần đầu và khối xử lý thông tin khí tượng lần sau, hai khối này nối với nhau qua cáp hoặc theo giao diện kết nối dạng sóng vô tuyến.

7. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 6, trong đó khối điều khiển và xử lý thông tin khí tượng lần đầu có chương trình để liên kết các kết quả đo phản xạ, tốc độ xuyên tâm, chiều rộng phổ theo tọa độ trong không gian, còn khối xử lý lần sau - có chương trình xác định kết quả của quá trình xử lý tín hiệu lần đầu, chương trình chuyển đổi các dữ liệu khí tượng thành dạng dễ sử dụng để chuyển cho những đối tượng có nhu cầu sử dụng dữ liệu khí tượng đã thu về.

8. Rađa thời tiết Doppler theo điểm 7, trong đó khối xử lý thông tin khí tượng ban đầu được trang bị thêm bộ thu GLONASS/GPS để đồng hóa các đo đạc khí tượng và truyền các dữ liệu khí tượng trong hệ thống theo cùng đơn vị thời gian.

