

LANDING RADAR WITH COMMUTATION OF THE MUTUALLY SPACED IRRADIATED SECTIONS OF ITS COVERAGE AREA

S.B. Makarov¹, M.V. Markosyan^{2,3,4}, V.H. Avetisyan^{1,2,3,4}, H.G. Martirosyan²

¹St. Petersburg Polytechnic University

²Yerevan Telecommunication Research Institute

³Russian-Armenian (Slavonic) University

⁴- Shushi University of Technology

The task of the radar designing, which serves aircraft landing in airports is considered in the given article. For providing of modern requirements on airport traffic capacity and increasing of the reliability of aircraft landing the scheme of landing radar construction is based on separated from each other receiving and transmitting antenna systems of the radar. The receiving antenna system is a phased array antenna that forms a scanning four-beam directional pattern. It provides the realization of a high-precision monopulse method for determining of the angular coordinates of an aircraft in a pick out section of the radar coverage area. The transmitting antenna system consists of a set of separate radiating units. Each unit sequentially irradiates its section of the radar coverage area by commutating of the transmitter to it. The searching process of aircraft and measuring of its range, speed and angular coordinates in a particular section of the radar coverage area are synchronized with the commutation of the microwave probing signal of the transmitter to the unit, which irradiates this section. The possible circuits of microwave commutators are presented. A variant of constructing of the radar transmitting antenna without commutation of the transmitter microwave probing signal is also discussed. In this case a single transmitting phased array antenna is used, which sequentially irradiates the sections of the radar coverage area.

Key words: landing radar, transmitting antenna, receiving antenna, microwave commutation, radar coverage area.

Introduction

For the landing of various aircraft, when the high accuracy is required for determining of the range, course (azimuth) and glide path (elevation angle) of the aircrafts, the centimeter waveband radars have been used widely. The angular coverage area of such radars is about $30^{\circ} \dots 35^{\circ}$ by the course and $10^{\circ} \dots 12^{\circ}$ by the glide path. The range of the landing radar is usually not more than 30 km. Outside of this distance, in the range of 30 to 50 km, the centimeter waveband terminal radar is used usually to provide an observation of air situation and to carry out the operational control of the aircrafts. In the distance of more than 50 km the observation radar of the meter waveband is used for continuous monitoring of the general air situation.

At the modern rate of aviation progress the increasing of traffic capacity of landing radar systems and their reliability give rise the increased requirements on system operation speed, accuracy of determining of the coordinates of the aircrafts, their resolution, their tracking to the airport runway and etc. To meet these requirements, the antenna system of the radar can be constructed on the basis of a receiving-transmitting (combined) phased array antenna (PhA). In this case, together with fast electrical, instead of mechanical, scanning of the probing beam in the transmitting mode of the PhA, in its receiving mode it is possible to realize a monopulse method that has an increased accuracy in determining of the aircraft angular coordinates [1, 2].

Statement of the problem

The above described combined PhA in the transmitting mode should form a narrow pencil probing beam, and in the receiving mode it should form a four-beams directional pattern (DP). The two mutually spaced beams of this DP, which determine the course of the aircraft, should intersect at the minus 3 dB level in the monopulse null axis and scan in such a related manner in the range of angles $\pm 17.5^\circ$, and in the analogous way the two other beams of this DP should scan in the range of angles $\pm 6^\circ$ for determining of the aircraft glide path. At determining of course and glide path of aircraft with an accuracy of less than a tenth of a degree, the width of each of these beams should be less than 1.5° [3].

Such a combined PhA will contain several thousand emitters, which means that there are a large number of switching elements in circuits of the PhA radiators (for transferring of combined PhA from reception to transmit mode or vice versa), phase shifters, etc. Obviously, the solution of the problem of a significant reduction in the number of any elements in the PhA will lead to its simplification and, as a result, to an increase in the reliability of the radar operation.

The landing radar with separate receiving and separate transmitting antenna systems

The attempt to solve the assigned task is the constructing scheme of landing radar, proposed in [4], in which the transmitting and receiving antenna systems are separated. To understand the following possible ways of constructing of the separate transmitting antenna system the general scheme of the proposed radar is represented in fig. 1.

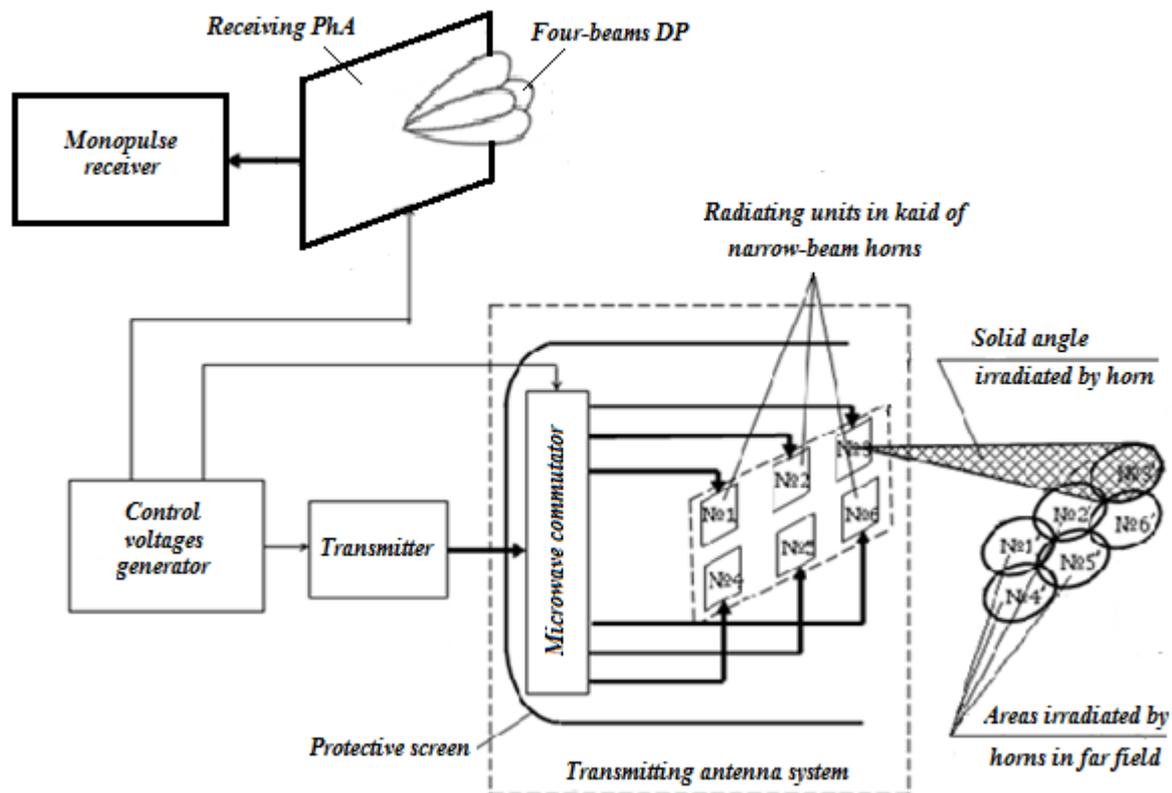


Figure 1. Block diagram of the landing radar

The receiving antenna system consists of PhA, which forms a four-beams DP with the possibility of scanning of DP in the coverage angular area of the radar - $35^\circ \times 12^\circ$. The widths of each DP beams of the receiving PhA are equal to each other and are amount to $1^\circ \dots 1.5^\circ$. The transmitting antenna system consists of a microwave commutator and a two-row kit of identical radiating units in kind of narrow-beam horns - 5 pieces in each row.

For simplification of fig.1 the case with 3 horns on each row is represented. The beam width of each from 10 horns is about $6^\circ \dots 7^\circ$. The axes of the horns are disposed relative to each other in

such a way that the irradiated angular solid sectors of the horns are imposed partially on each other. In result of successive excitation of the horns the entire radar coverage area is irradiated. Thus, the total solid angle of irradiation of the transmitting antenna system is equal to the required angular coverage area of the radar.

During the operation of a specific horn, the four-beam DP of the receiving PhA scans within the solid angle, which is irradiated by this horn, for the searching of aircraft and measuring of its coordinates and speed. At commutation of the microwave power to another horn, the receiving PhA transfers synchronously to the scan mode in another solid angle, which corresponds to this horn, and the same performs in this area. The commutation scheme of the microwave probing signal from a magnetron or solid-state transmitter to the irradiating horns is shown on fig. 2.

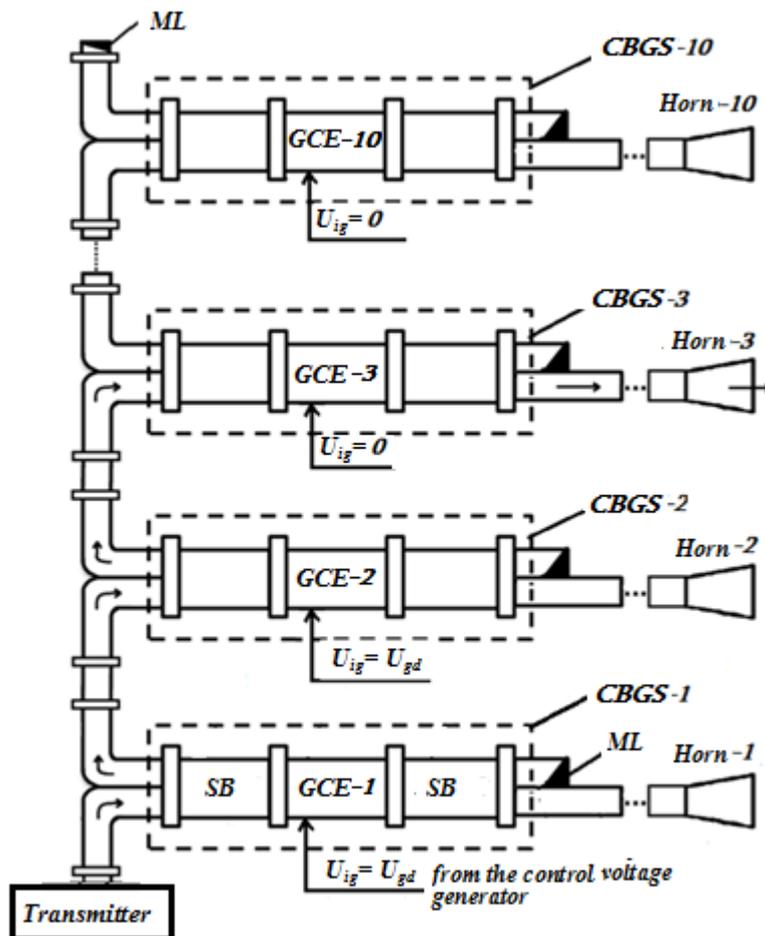


Figure 2. The circuits of the microwave commutator with controlled balanced gas-discharge switchers

The circuit is based on microwave controlled balanced gas-discharge switchers (CBGS), described in [5]. Each CBGDS contains two waveguide slotted bridges (SB) and the waveguide gas-discharge controlled element (GCE), which is located between bridges. In the circuit, the number of CBGS is equal to the number of radiating horns. The commutated arm of each CBGS is loaded by the horn and an isolated arm is loaded by a matched load (ML).

The GCE reflects the microwave signal to the input of the next CBGS when the supplied on GCE ignition voltage U_{ig} equals to the gas discharge voltage U_{gd} , that is $U_{ig}=U_{gd}$, and at the absence of the ignition voltage, that is $U_{ig}=0$, the microwave signal passes to its horn. By selecting the ignition voltage group (from the control voltage generator in fig. 1) on the GCE of each CBGS, the probing signal of the transmitter passes to one or another horn.

On the fig. 2 the microwave signal from the transmitter passes to the input of horn-3, since the ignition control voltage on GCE-1 and GCE-2, accordingly of CBGS-1 and CBGS -2, not equals to

zero and $U_{ig} = U_{gd}$. Their GCE are short-circuited and the signal passes through GCE-3 to the horn-3, as shown by the arrows on fig. 2. Thus, the group of control ignition voltages in this case is $U_{ig}^{(3)} = \dots = U_{ig}^{(10)} = 0$, and $U_{ig}^{(1)} = U_{ig}^{(2)} = U_{gd}$. If, for example, it is required the commutation to the horn-7, then the group of control ignition voltages will be $U_{ig}^{(7)} = \dots = U_{ig}^{(10)} = 0$; и $U_{ig}^{(1)} = \dots = U_{ig}^{(6)} = U_{gd}$.

Below we will consider other possible variants for implementation of some components of the transmitting antenna system. Another version of the microwave commutation circuit is shown in fig. 3. Unlike the commutation scheme described in [4], the given circuit carries out the commutation of the microwave signal by means of controlled gas-discharge switchers with full-connection (CGFCS). They are described in [6] and, in comparison with CBGS, provide higher levels of commutation powers and are more broadband.

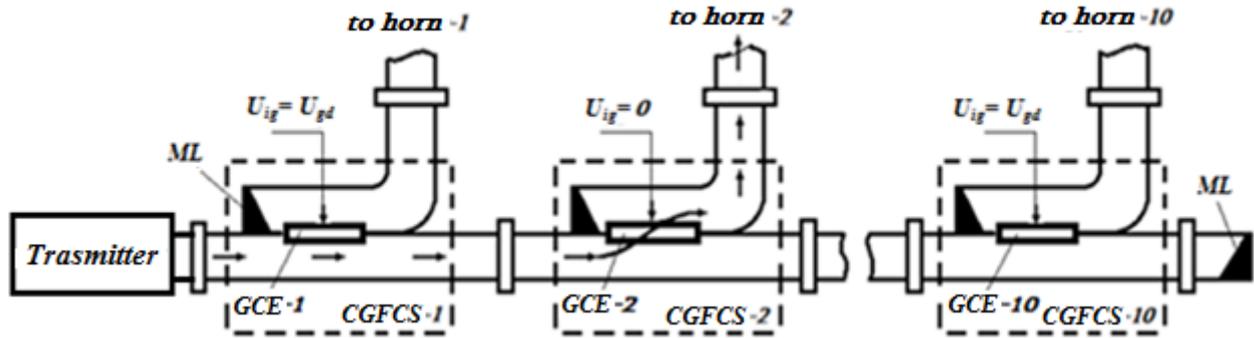


Figure 3. Circuit of microwave commutator with control gas-discharge full-connection switchers

In such commutators, the GCE is located along the coupling slot of SB. At the supplying of the ignition control voltage to the GCE, that is $U_{ig} = U_{gd}$ the coupling slot is short-circuited and the power way to the horn-loaded branching arm is closed. Here, as opposed to CBGS, the signal from the transmitter passes to the branching arm of that CGFCS, on the GCE of which the ignition voltage is $U_{ig} = 0$. The case of signal commutation from the transmitter to the horn-2 is shown in fig. 3. Therefore, the corresponding group of the ignition control voltages is $U_{ig}^{(1)} = U_{ig}^{(3)} = \dots = U_{ig}^{(10)} = U_{gd}$ and $U_{ig}^{(2)} = 0$. The signal passage is indicated by arrows.

At the landing radar constructing (shown on fig. 1), instead of radiating units in the form of narrow-beam horns with mutually spaced radiation sections of the radar coverage area, the same number of small radiating PhA can be used that do not contain variable phase shifters. In this case the constant phase shifts between the radiators in each PhA should be chosen so that the phased array main beam should irradiate the radar coverage area section of the horn, which is replaced by small PhA. Aperture of radiating PhA should provide a width of a beam near $6^\circ \dots 7^\circ$. Calculation of such a PhA, performed in accordance with [7] at an operation wavelength of $\lambda \approx 3.2$ cm, gives the value of the PhA aperture is about 27×27 cm² and the number of radiators in it is about 110.

The relevance of arguments of the replacing of horns by PhA is caused by the cost of their implementation. The manufacturing of the PhA may be somewhat more expensive, but the advantage of the using of the PhA should be take into account. It consists in obtaining of lower levels of the radiated side lobes by applying a special amplitude distribution along the PhA curtain.

The choice of the microwave commutator and the radiating units in the transmitting antenna system of the landing radar is caused by the required parameters and the cost of their implementation. At the same time in this case it is necessary to take into account the undeniable fact that the huge number of switching elements are excluded, unlike of the case of the radar with a single combined PhA, where the switching for transfer of radar from the reception mode to the transmission mode and vice versa is required. On the other hand, the commutation of the microwave probing signal of the

transmitter may avoid by using a single transmitting PhA, the beam of which is switching from one section of the radar coverage area to the other section. But the additional variable phase shifters must be inserted into the circuits of the radiators of this PhA for the achieving of switching.

References

1. Леонов А.И., Фомичев К.И. «Моноимпульсная радиолокация». М., Радио и связь, 1984.
2. Ерохин Г.А., Чернов О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Д. «Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн». М., Горячая Линия–Телеком, 2007.
3. Финкельштейн М.И. «Основы радиолокации». М., Радио и связь, 1983.
4. Արտոնագիր №3073A, Հայաստանի Հանրապետություն, ՄԱԴ G01S 13/00: Վայրէջքային ռադիոտեղորոշիչ/ Մարկոսյան Մ.Վ., Ավետիսյան Վ.Հ., Մարտիրոսյան Հ.Գ., Ահարոնյան Ա.Վ., Դաղթյան Բ.Ա.: Առաջնության թվ. 09.08.2016: Հրապարակման թվ. 16.12.2016.
5. Клич С.М. «Проектирование СВЧ устройств радиолокационных приемников». М., Сов. радио, 1973.
6. «Резонансные разрядники антенных переключателей». Под ред. Лебедева И.В.. М., Сов. Радио, 1976.
7. Драбкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г.. «Антенно-фидерные устройства». М., Сов. радио, 1974.

References

1. Leonov A.I., Fomichev K.I. «Monopulse radiolocation». M., Radio i svyaz, 1984.
2. Yerokhin G.A., Chernov O.V., Kozirev N.D., Kocherdzevski V.D. «Antenna-feeder devices and propagation of radio waves». M., Goryachaya Liniya-Telecom, 2007.
3. Finkelshteyn M.I. «Bases of radiolocation». M., Radio i svyaz, 1983.
4. Patent № 3073A, Republic of Armenia, IPC G 01S 13/00: Landing radar / Markosyan M.V., Avetisyan V.H., Martirosyan H.G., Aharonyan A.K., Davtyan R.A.: Release date 09.08.2016. Publication date. 16.12.2016.
5. Klich S.M. «Design of microwave radar receiver devices». M., Sov. radio, 1973.
6. «Resonant dischargers of antenna switchers». By edit. Lebedev I.V., M., Sov. radio, 1976.
7. Drabkin A.L., Zuzenko V.L., Kislov A.G.. «Antenna-feeder devices». M., Sov. radio, 1974.

ՎԱՅՐԷՋՔԱՅԻՆ ՌԱԴԻՈՏԵԼՈՐՈՇԻՉ ԻՐ ԴԻՏԱՐԿՄԱՆ ԳՈՏՈՒ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՀԱՐՎՈՂ ՏԱՐԱՆՋԱՏՎԱԾ ՀԱՏՎԱԾՆԵՐԻ ԿՈՄՈՒՏԱՑԻԱՅՈՎ

Ս.Բ. Մակարով¹, Մ.Վ. Մարկոսյան^{2,3,4}, Վ.Հ. Ավետիսյան^{1,2,3,4}, Հ.Գ. Մարտիրոսյան²

¹-Սանկտ-Պետերբուրգի պոլիտեխնիկական համալսարան

²-Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտ

³-Հայ-Ռուսական (Սլավոնական) համալսարան

⁴-Շուշիի պոլիտեխնիկական համալսարան

Հոդվածում քննարկվում է օդանավակայաններում ինքնաթիռների վայրէջքը սպասարկող ռադիոտեղորոշիչ կայանի կառուցման խնդիրը: Օդանավակայանների թողունակության և վայրէջքի հուսալիության ժամանակակից պահանջների ապահովման համար վայրէջքային տեղորոշիչի կառուցման սխեման հիմնված է իրարից տարանջատված ընդունող և հաղորդող անտենային համակարգերի վրա: Ընդունող անտենային համակարգը իրենից ներկայացնում է փուլավորված անտենային ցանց, որը ձևավորում է սկանավորող չորս-ճառագայթանի ուղղվածության դիագրամ: Այն ապահովում է

նադիտետեղորոշչի դիտարկման գոտու տրված հատվածում գտնվող օդանավի անկյունային կորդինատները բարձր ճշգրտությամբ որոշող մոնիթինգային մեթոդի իրականացումը: Հաղորդող անտենային համակարգը բաղկացած է առանձին ճառագայթող հանգույցների հավաքածուից: Յուրաքանչյուր հանգույց հաջորդաբար ճառագայթահարում է նադիտետեղորոշչի դիտարկման գոտու իր հատվածը՝ կոմուտացվելով հաղորդչին: Ռադիոտեղորոշչի դիտարկման գոտու տրված հատվածում գտնվող օդանավերի փնտրման և դրանց անկյունային կորդինատների, հեռավորությունների և արագությունների չափման գործընթացը սինխրոնացված է հաղորդչի ԳԲՀ զոնդավորող ազդանշանի կոմուտացիայի հետ այն հանգույցին, որը ճառագայթահարում է ընտրված հատվածը: Ներկայացված են ԳԲՀ կոմուտատորների հնարավոր սխեմաները: Քննարկվում է նաև՝ առանց ԳԲՀ հաղորդչի զոնդավորող ազդանշանի կոմուտացման, նադիտետեղորոշչի հաղորդող անտենային համակարգի կառուցման տարբերակը: Այդ դեպքում օգտագործվում է միակ հաղորդող փուլավորված անտենային ցանց, որը հաջորդաբար ճառագայթահարում է նադիտետեղորոշչի դիտարկման գոտու հատվածները:

Բանալի բառեր. վայրէջքային նադիտետեղորոշիչ, հաղորդող անտեննա, ընդունող անտեննա, ԳԲՀ կոմուտատոր, նադիտետեղորոշչի դիտարկման գոտի:

ПОСАДОЧНЫЙ РАДИОЛОКАТОР С КОММУТАЦИЕЙ РАЗНЕСЕННЫХ ОБЛУЧАЕМЫХ УЧАСТКОВ ЗОНЫ ЕГО ОБЗОРА

С.Б. Макаров¹, М.В. Маркосян^{2,3,4}, В.Г. Аветисян^{1,2,3,4}, А.Г. Мартиросян²

¹-Санкт-Петербургский Политехнический Университет

²-Ереванский НИИ Средств Связи

³-Российско-Армянский Университет

⁴-Шушинский технологический университет

В статье рассматривается задача построения радиолокатора, обслуживающего посадку воздушных судов в аэропортах. Для обеспечения современных требований по их пропускной способности и повышению надежности посадки схема построения основана на разделенных друг от друга приёмной и передающей антенных систем радиолокатора. Приемная антенная система представляет собой фазированную антенную решетку, формирующую сканирующую четырехлепестковую диаграмму направленности. Она обеспечивает реализацию высокоточного моноимпульсного метода определения угловых координат воздушного судна в заданном участке зоны обзора радиолокатора. Передающая антенная система состоит из набора отдельных излучающих узлов. Каждый узел последовательно облучает свой участок зоны обзора радиолокатора посредством коммутации передатчика к нему. Процесс поиска воздушного судна и измерение его угловых координат, дальности и скорости, находящегося в конкретном участке зоны обзора радиолокатора, синхронизирован с коммутацией СВЧ зондирующего сигнала передатчика к узлу, облучающего этот участок. Представлены возможные схемы СВЧ коммутаторов. Обсуждается также вариант построения передающей антенной системы радиолокатора без коммутации СВЧ зондирующего сигнала передатчика. В этом случае применяется единственная передающая ФАР, последовательно облучающая участки зоны обзора радиолокатора.

Ключевые слова: посадочный радиолокатор, передающая антенна, приемная антенна, СВЧ коммутация, зона обзора радиолокатора.