

Обеспечение работоспособности квазидоплеровского радиопеленгатора при выходе из строя центрального вибратора антенной системы

Г.К. Асланов¹, Р.Р. Мусаибов¹, Р.Б. Казибек², М.М. Мирзабеков¹

¹Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

²ОАО ³АО «Дагестанский НИИ “Волна”, Дербент

Аннотация: Рассматриваются вопросы обеспечения работоспособности автоматических радиопеленгаторов при неисправности центрального вибратора АРП, для чего предлагается изменить порядок коммутации вибраторов антенной системы радиопеленгатора. Приводится алгоритм изменения порядка коммутации вибраторов антенной системы.

Ключевые слова: радиопеленгатор, неисправность антенной системы, повышение надежности работы радиопеленгатора.

Наиболее часто отказываемыми узлами автоматического радиопеленгатора (АРП) являются вибраторы антенной системы, что влечет за собой ухудшение его технических характеристик (точность, помехозащищенность), а также к появлению аномальных ошибок. Низкая надежность антенной системы АРП объясняется жесткими условиями ее эксплуатации.

В аэродромных АРП системой контроля осуществляется контроль работоспособности вибраторов в процессе пеленгования радиосигнала и в процессе проверки каналов, проходящих проверку при скользящем контроле.

Контроль состояния вибраторов в процессе пеленгования радиосигнала осуществляется по амплитудам сигналов с каждого вибратора АС. При этом в канале по усредненной амплитуде сигналов с вибраторов предварительно оценивается соотношение сигнал/шум пеленгуемого сигнала. Если это соотношение меньше определенного порога, то контроль вибраторов не производится, так как при малой мощности сигнала (при большом удалении

АРП от источника сигнала), точное определение амплитуд становится невозможным.

При превышении отношения сигнал/шум выше заданного порога, амплитуда сигнала с каждого вибратора сравнивается с порогом, по которому и определяется отказ вибратора.

При обнаружении неисправности какого либо вибратора, производится проверка работоспособности вибратора, расположенного противоположно отказавшему, и вместо фазы отказавшего вибратора используется преобразованная фаза вибратора, расположенного противоположно отказавшему.

При проверке работоспособности канала, при осуществлении скользящего контроля, осуществляется также контроль работоспособности вибраторов по фазам, так как в этом случае гарантировано качество пеленгуемого сигнала по соотношению сигнал/шум.

При этом измеренные значения разностей фаз сравниваются с эталонными значениями, которые формируются при установке конфигурации работоспособного АРП.

Все известные методы обеспечения работоспособности АРП при неисправных вибраторах антенной системы работоспособны только для случаев неисправности кольцевых вибраторов [1-3].

В настоящее время, выход из строя центрального вибратора делает АРП неработоспособным.

При неисправном центральном вибраторе АС необходимо изменить порядок коммутации вибраторов антенной системы АРП.

На рис.1 изображена антенная система АРП, состоящая из центрального вибратора (ЦВ) и шестнадцати кольцевых вибраторов (КВ), расположенных по окружности. Кольцевые вибраторы антенной системы

переключаются импульсами коммутации, при этом первый вибратор направлен на север и включается первым импульсом коммутации [4].

В гражданской авиации используются шестнадцати вибраторные широко базовые антенны с радиусом, $R=1,6\text{м}$.

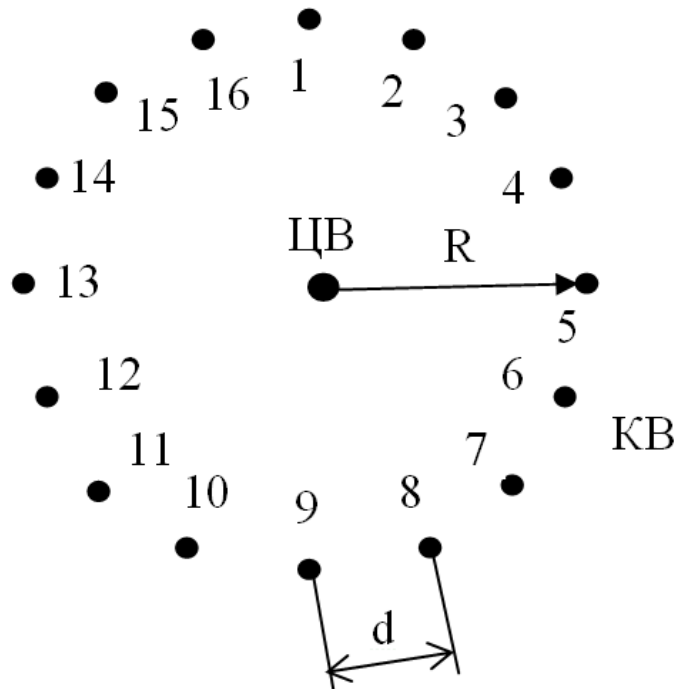


Рис. 1. – Антенная система широкобазового АРП.

При исправном центральном вибраторе антенной системы, для обработки пеленгационной информации используются значения разностей фаз сигналов, наводимых на центральном и кольцевых вибраторах антенной системы.

На рис.2 сплошной ступенчатой кривой соответствует выборка разностей фаз между кольцевым и центральным вибраторами антенной системы, при пеленговании бортовой радиостанции, работающей на частоте 125 МГц, при пеленге 0^0 и угле места 0^0 , которые определяются в соответствии с выражением (1):

$$\varphi_i = \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\theta - \frac{2\pi(i-1)}{N} \right), \quad i=1, \dots, N \quad (1)$$

где: R – радиус АС, N – количество элементов АС, λ – длина волны пеленгуемого сигнала, β – угол места воздушного судна, θ – пеленг на воздушное судно.

На рис.2 по оси абсцисс отложены номера вибраторов антенной системы, по оси ординат разности фаз в угловых градусах.

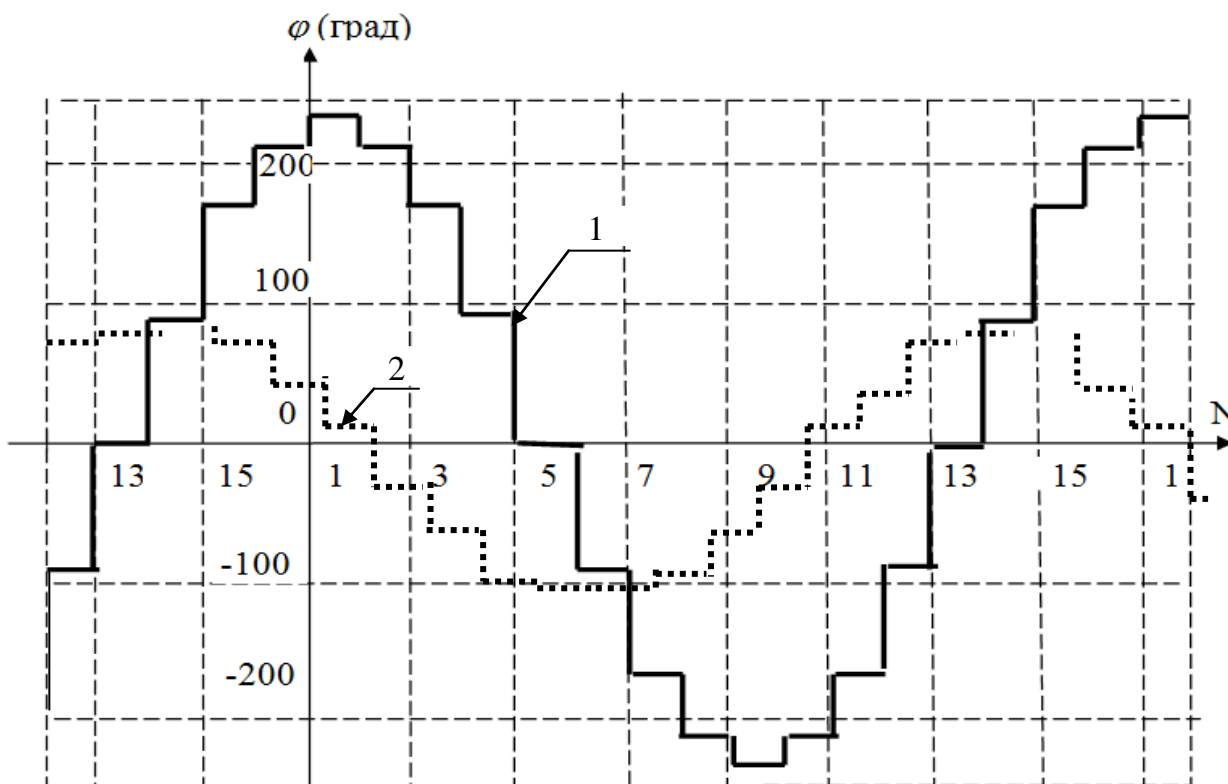


Рис. 2. – Выборка разностей фаз между кольцевым и центральным вибраторами антенной системы, при пеленговании бортовой радиостанции, работающей на частоте 125 МГц, при пеленге 0^0 и угле места 0^0 (кривая 1) и дифференциально-фазовым методом (кривая 2).

Для обеспечения работоспособности АРП при выходе из строя центрального вибратора антенной системы, необходимо, в зависимости от состояния антенной системы, и частоты пеленгуемого сигнала менять алгоритмы коммутации вибраторов антенной системы и обработки пеленгационной информации [5,6].

Известен дифференциально-фазовый метод обработки пеленгационной информации, который используется в отечественных радиопеленгаторах АРП-АС, «Пихта» и т.д.

Суть дифференциально-фазового метода обработки пеленгационной информации заключается в том, что вместо определения разностей фаз сигналов между кольцевыми и центральным вибраторами антенной системы, определяются разности фаз между соседними кольцевыми вибраторами (между первым и вторым, вторым и третьим, третьим и четвертым и т.д). При этом разности фаз между вибраторами определяются в соответствии с выражением (2):

$$\varphi_i = \frac{2\pi d}{\lambda} \cos \beta \sin \left(\theta - \frac{2\pi(i-1)}{N} \right), \quad i=1, \dots, N \quad (2)$$

где: d – расстояние между соседними вибраторами антенной системы АРП (см. рис. 1).

Дифференциально-фазовый метод обработки информации приводит к тому, что уменьшается девиация фазы, что в свою очередь приводит к уменьшению точности пеленгования АРП [7].

На рис.2 выборка фаз сигналов, полученная дифференциально-фазовым методом, изображена штриховой линией.

При определении разностей фаз сигналов между центральным и кольцевыми вибраторами антенной системы девиация фазы на частоте 125 МГц равна 240° , а дифференциально-фазовым методом, равно $93,6^{\circ}$, т.е. девиация фазы уменьшается более чем в 2,5 раза [8]. При этом помеховая составляющая остается неизменной, что и является причиной увеличения ошибки пеленгования. В связи с этим, в радиопеленгаторах АРП-АС ошибка пеленгования в метровом диапазоне волн равна $1,5^{\circ}$ (в дециметровом 1°). Для увеличения точности пеленгования сигналов и метровом диапазоне волн,

необходимо увеличить девиацию фазы, что может быть осуществлено изменением порядка коммутации вибраторов антенной системы [9].

В метровом диапазоне волн предлагается использовать для определения пеленга разности фаз между противоположно расположенными вибраторами: один – девять, два – десять, три – одиннадцать и т.д. (см. рис.1). При такой коммутации вибраторов девиация фазы вместо $93,6^{\circ}$, станет равным 480° , а точность пеленгования станет ниже 1° .

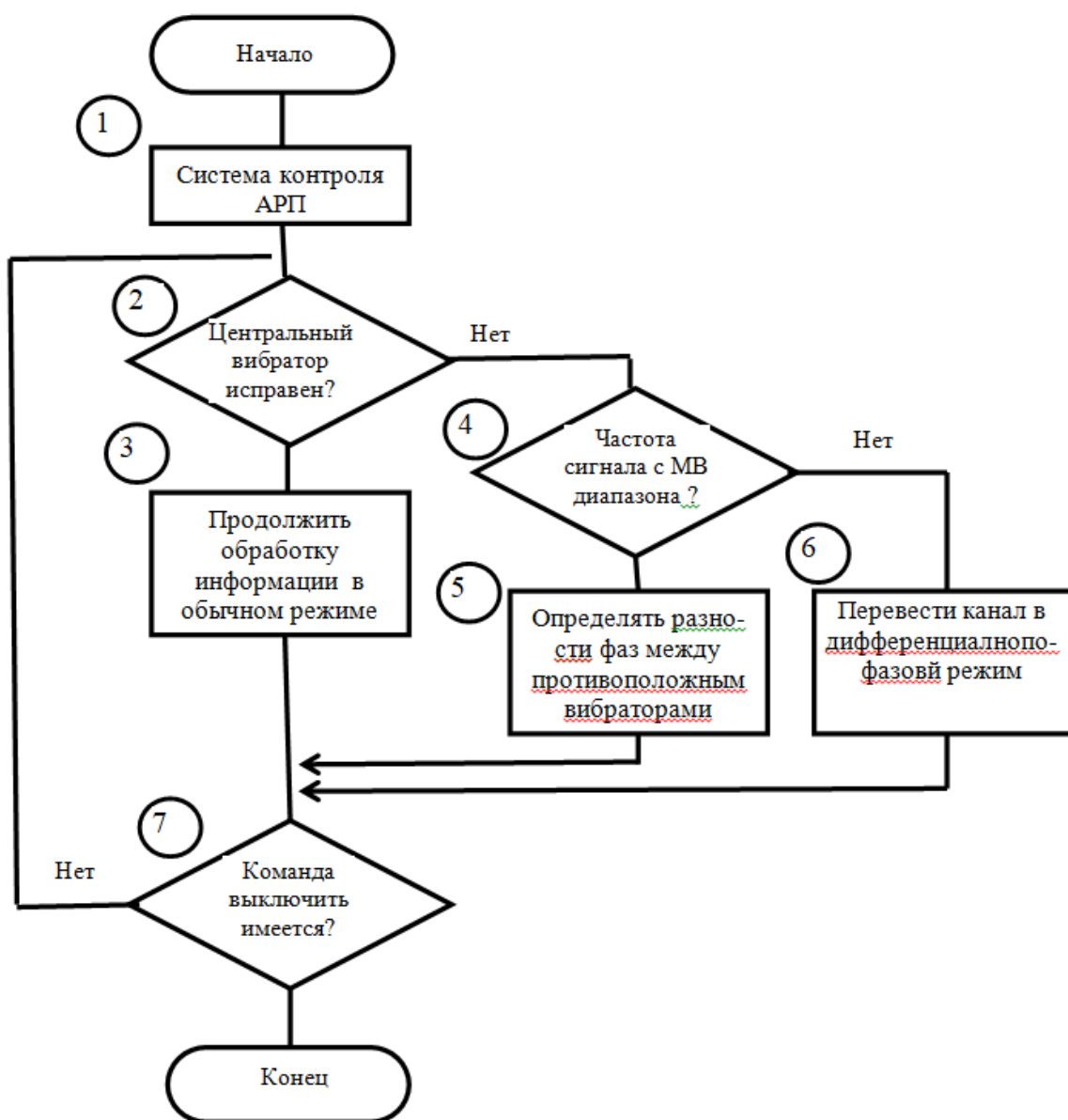


Рис. 3. – Блок-схема алгоритма обеспечения работоспособности АРП при неисправном центральном вибраторе антенной системы.

На рис.3 приведен алгоритм изменения порядка коммутации вибраторов антенной системы при неисправном центральном вибраторе [9,10]. Здесь, система контроля АРП (блок 1) определяет состояние вибраторов антенной системы. Если центральный вибратор исправен (блок 2), то АРП продолжает осуществлять пеленгование в обычном режиме (блок 3). Если неисправен, то если канал работает в метровом диапазоне волн, то определение пеленга производится по разностям фаз сигналов с вибраторов, расположенных противоположно друг другу (блоки 4 и 5), если же в дециметровом диапазоне волн, то в дифференциально-фазовом режиме (блоки 4 и 5).

Литература.

1. Асланов Г.К., Казибекоев Р.Б., Мусаева У.А., Тетакаев У.Р. Обеспечение работоспособности автоматических радиопеленгаторов при неисправной антенной системе с использованием фаз ортогонально расположенных вибраторов // Вестн. Дагестанского технического университета. Выпуск 36. Технические науки. – 2015. С. 31-37.
 2. Асланов Г.К., Асланов Т.Г., Казибекоев Р.Б., Тетакаев У.Р. Оценка ошибок, вызываемых выходом из строя элементов антенной системы аэродромного автоматического радиопеленгатора // Вестн. Дагестанского технического университета. Выпуск 45 (2). Технические науки. – 2018. Стр. 94-103.
 3. Асланов Г.К., Казибекоев Р.Б., Мусаибов Р.Р., Мирзабеков М.М. Некоторые вопросы проверки точностных характеристик аэродромных автоматических радиопеленгаторов // Инженерный вестник Дона, 2020, № 4. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6398
 4. Кукес И.С., Старик М.Е. Основы радиопеленгации. М., "Сов. радио", 1964г. Стр. 640-651.
-

5. Марущак А. И., Расин А. М. Способы повышения точности пеленгования аэродромных УКВ радиопеленгаторов – Труды НИИ гражданской авиации. Вып. 136. – 1997. С. 241-253.

6. Морозов Р.О., Девиц Д.В. Методы обработки навигационной информации в целях повышения точности // Инженерный вестник Дона, 2018, № 1. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5027.

7. Никольский В.И., Сирота А.А. Алгоритмы восстановления пространственно-частотного распределения систематической ошибки радиопеленгования в ходе натурных испытаний // Издательство "Радиотехника" (Москва) Номер: 4 (143) Год: 2009. С. 4-10.

8. Белявский, Л. С., Чуткий И.П. К вопросу об оценке влияния отражений от местных предметов на точность радиопеленгования // Радиотехническое оборудование аэропортов и воздушных трасс. Межвуз. сб. науч. тр. – Киев: КИИГА, 1981 – 54-59с.

9. Crampton C., Whipple R.T.P., Mugridge A.H. The errors in bearings of a high-frequency direction-finder caused by reradiation from a nearby vertical mast // Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part IIIA: Radiocommunication (Volume: 94, Issue: 15, March-April 1947). Page(s): 815 – 822. DOI: 10.1049/ji-3a-2.1947.0101.

10. James G. H. An Analysis of Errors in Long Range Radio Direction Finder Systems // Proceedings of the IRE (Volume: 41, Issue: 12, Dec. 1953). Page(s): 1747 – 1749 DOI: 10.1109/JRPROC.1953.274360 Print ISSN: 0096-8390 Electronic ISSN: 2162-6634.

References

1. Aslanov G.K., Kazibekov R.B., Musaeva U.A., Tetakaev U.R. Vestn. Dagestanskogo texnicheskogo universiteta. Vy`pusk. 36. Texnicheskie nauki. 2015. pp. 31-37.

2. Aslanov G.K., Aslanov T.G., Kazibekov R.B., Tetakaev U.R. Vestn. Dagestanskogo texnicheskogo universiteta. Vy`pusk 45 (2). Texnicheskie nauki. 2018. pp. 94-103.

3. Aslanov G.K., Kazibekov R.B., Musaibov R.R., Mirzabekov M.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6398.

4. Kukes I.S., Starik M.E. Osnovy` radiopelengacii [Fundamentals of radio direction finding.]. M., "Sov. radio", 1964. pp. 640-651.

5. Marushhak A. I., Rasin A. M. «Sposoby` povы`sheniya tochnosti pelengovaniya ae`rodromny`x UKV radiopelengatorov» [Ways to improve the accuracy of direction finding of airfield VHF radio direction finders]. Trudy` NII grazhdanskoj aviacii. Vy`pusk 136. 1997. pp. 241-253.

6. Morozov R.O., Devit D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5027.

7. Nikol`skij V.I., Sirota A.A. Algoritmy` vosstanovleniya prostranstvenno-chastotnogo raspredeleniya sistemacheskoy oshibki radiopelengovaniya v xode naturny`x ispy`tanij [Algorithms for restoring the spatial frequency distribution of the radio direction finding systematic error during of field tests]. Izdatel`stvo "Radiotekhnika" (Moskva) Nomer: 4 (143) God: 2009. pp. 4-10.

8. Belyavskij, L. S., Chutkij I.P. K. Mezhvuz. sb. nauch. tr. Kiev: KIIGA, 1981. pp. 54-59.

9. Crampton C., Whipple R.T.P., Mugridge A.H. The errors in bearings of a high-frequency direction-finder caused by reradiation from a nearby vertical mast. Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part IIIA: Radiocommunication (Volume: 94, Issue: 15, March-April 1947), pp.815 – 822. DOI: 10.1049/ji-3a-2.1947.0101.

10. James G. H. An Analysis of Errors in Long Range Radio Direction Finder Systems. Proceedings of the IRE (Volume: 41, Issue: 12, Dec. 1953). Pp.



1747 – 1749 DOI: 10.1109. JRPROC.1953.274360 Print ISSN: 0096-8390
Electronic ISSN: 2162-6634.