

УДК 621.396

© В. И. Милкин, А. А. Ливерко

МУЛЬТИФАЗОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Предложена технология радиопеленгования, адекватная тенденциям уровня развития средств радиоизлучений с возможностями перспективных реализаций для определения направлений на источник кратковременных излучений.

Фазометрические способы определения направлений на источник радиоизлучений основываются на сравнении фаз сигналов, принимаемых одинаковыми антеннами, которые расположены на некоторых расстояниях одна от другой, называемых базой. В антеннах наводятся равные по амплитуде ЭДС, однако их фазы не одинаковы, так как время прихода сигнала от источника радиоизлучений к ним различно. По фазовым соотношениям извлекается информация о направлении на источник радиоизлучения.

На практике реализуются способы определения направлений прихода радиоволн использующие разные, зависящие от предъявляемых требований к радиопеленгаторам, технологии измерения фазовых параметров. Однако разновидности способов немногочисленны, а наиболее используемые, классически отличаются как принципами построения схем измерения, так и особенностями характеристик и достигаемых возможностей, которые в основном рассмотрены в [1, 2].

Как известно, для повышения точности измерения радиопеленга целесообразно увеличение расстояний между антеннами. Но когда соотношение базы к длине радиоволны становится больше 0,5, появляется неоднозначность отсчетов. Для обеспечения и требуемой точности, и однозначности используют многобазовые радиопеленгаторы как с наборами разновеликих баз, так и со схемными решениями по синтезу особенностей свойств антенных систем аппаратными методами. Очевидно, что оптимальное удовлетворение тем и другим требованиям приходится на радиопеленгаторы с большой базой и круговыми антенными системами из идентичных ненаправленных антенн. Кроме этого, за счет интегрального использования большого количества антенн в этих пеленгаторах значительно снижены интерференционные ошибки, что в комплексе с повышенными точностью и чувствительностью при круговом обзоре и однозначностью отсчетов обусловило их широкое применение в профессиональном радиопеленговании, где требуются наиболее высокие характеристики от используемых средств [3].

Оценивая параметры пеленгаторов с большой базой с круговыми антенными системами, следует учитывать принципы использования комплексов технических средств, реализуемые в режимах работы этих радиопеленгаторов, где в основе лежит виртуальное электрическое вращение фазированной антенной решетки с аппаратной обработкой радиосигнала в целях визуализации радиопеленга.

Основным режимом работы рассматриваемых пеленгаторов является секторное радиопеленгование с осуществлением ручного вращения сфазированных диаграмм направленности используемых антенных систем. Кроме этого, используется автоматический секторный обзор с механическим или электронным сканированием при круговой развертке. Как в первом, так и во втором режимах индикация пеленга производится по отслеживанию прохождения общего фазового центра вращаемой диаграммы или диаграмм антенной системы через направление на источник радиоизлучения, когда через варьирование фазовых параметров наблюдается изменение соотношения амплитуд принимаемых радиосигналов от пеленгуемых источников излучений.

Как в первом, так и во втором случаях с одной стороны требуются непроизводительные затраты времени или на осуществление ручного вращения диаграмм направленности для обзорного цикла, или на круговую развертку, а с другой — измерения производятся по реальному сигналу с текущей амплитудой, что также требует затрат времени на поиск оптимальных моментов снятия отсчетов пеленга.

Надо отметить, что из анализа поля фазовых характеристик круговой антенной системы при приеме радиосигналов с одного направления на одной частоте от удаленного источника радиоизлучения следует, что при измерении разности фаз в парах антенн в одних и тех же парах будет всегда постоянная величина, не зависящая от динамики изменения фазы в сигнале. Кроме этого, следует обратить внимание и на то, что при измерении разности фаз в парах диаметрально разнесенных антенн номинал разноса будет максимальным,

когда антенны находятся в створе плоскости линии пеленга, и равным нулю, когда линия базы антенн перпендикулярна плоскости линии пеленга [1].

Предлагается мультифазометрический способ определения направления на источник радиоизлучения, включающий круговую систему пар диаметрально разнесенных антенн, приемно-измерительные устройства, измеряющие разность фаз между ЭДС, наводимыми в антеннах, входящих в каждую из этих пар, электронный коммутатор и аналого-цифровые преобразователи, установленные в ПЭВМ.

На рис. 1 раскрыто техническое решение одного из вариантов практической реализации мультифазометрического способа определения направления на источник радиоизлучения.

Задача определения направления на источник

радиоизлучения в данном варианте сводится к автоматическому мгновенному измерению разностей фаз сразу во всех парах антенн с последующим выделением фазоразностной характеристики по результатам полученных значений в каналах измерений после их опроса с помощью электронного коммутатора и обработки в ПЭВМ.

Огибающая фазоразностной характеристики круговой антенной системы по измеренным результатам в парах диаметрально разнесенных антенн представляет собой синусоидальнообразную кривую в координатах: величина разности угла фаз — угол поворота по окружности круговой антенной системы, согласованный с координатной сеткой. Через экстремумы этой кривой будет проходить плоскость линии пеленга, как это представлено на рис. 2.

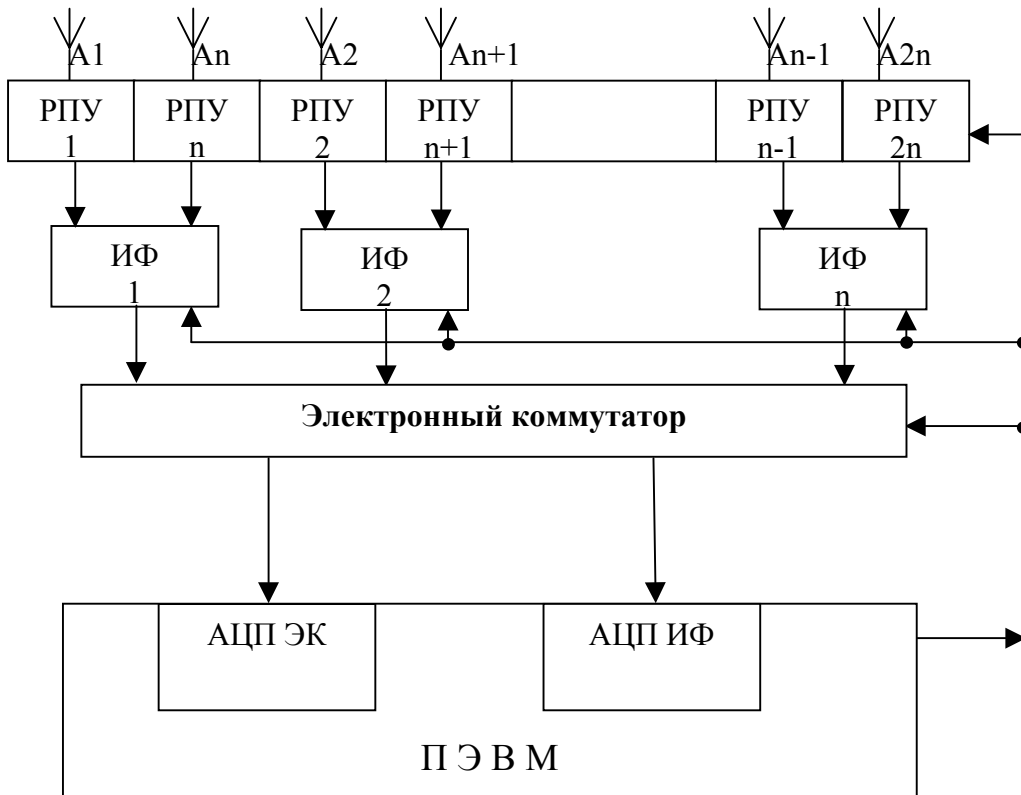


Рис. 1. Устройство для определения направления на источник радиоизлучения.

- А — ненаправленная антенна;
- РПУ — радиоприемное устройство;
- ИФ — измеритель разности фаз;
- АЦП — аналого-цифровой преобразователь

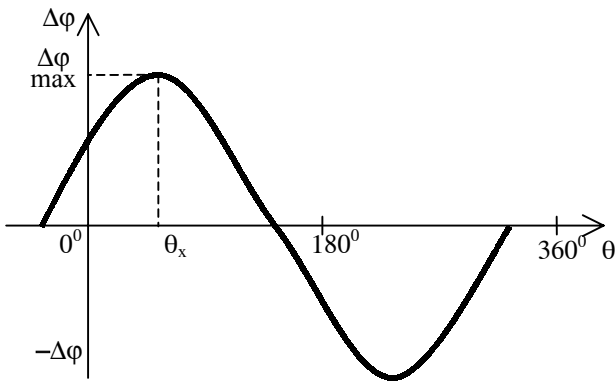


Рис. 2. Огибающая фазоразностной характеристики. $\Delta\phi_{\max}$ — максимальная разность фаз; θ_x — азимутальный угол прихода радиоволны

Сравнительный анализ мультифазометрического способа определения направления на источник радиоизлучения с применяемыми на практике выгодно отличает предложенную технологию от используемых возможностями пеленгования перспективно развивающихся радиоэлектронных систем с кратковременно излучаемыми радиосигналами при повышении точности местоопределения с увеличением как времени наблюдения, так и количества опросов при статистической обработке результатов. Кроме этого, предлагаемый способ позволяет производить пространственное опреде-

ление направлений на источник радиоизлучений, так как в плоскости пеленга по измеренным значениям разностей фаз с пересчетом через геометрические размеры круговой антенной системы выделяется, кроме азимутального угла, и угол возвышения. Это позволяет использовать данный способ в системе местоопределения из одной точки, например в коротковолновом диапазоне радиоволн.

Предложенная технология определения направления на источник радиоизлучения является базовой для создания семейства новых технических решений по реализациям способов местоопределения источников радиоизлучений как с учетом перспектив развития последних, так и с возможностями совершенствования рассматриваемого способа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милкин В.И. // Научное приборостроение. 1999. Т. 9, № 4. С. 111–113.
2. Бакулев П.А., Сосновский А.А. // Радиолокационные и радионавигационные системы. М.: Радио и связь, 1994. С. 183–186.
3. Вартамян В.А., Гойхман Э.Ш., Рогаткин М.И. // Радиопеленгация. М.: ВИ МО, 1966. С. 127–150.

г. Мурманск

Материал поступил в редакцию 09.03.2000.

MULTIPHASOMETRIC METHOD TO DETERMINE THE DIRECTION TO A RADIO WAVE SOURCE

V. I. Milkin, A. A. Liverko

Murmansk

The paper outlines the technology of radio bearing adequate to the state of the art and trends in radio wave generation means with possibilities of future realization for direction of arrival estimation from short time radiation sources.