

УДК 621.37

Л. Р. Голубович

(Ниш, Югославия)

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЦИИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ

Предложен метод определения локации радиовещательной станции на основании измерения интервалов времени задержки радиосигнала с использованием максимальных значений соответствующих автокорреляционных функций сигнала радиовещательной станции, принимаемого в наблюдательных станциях. Показаны геометрия предложенной метрологической системы, принцип функционирования использованной аппаратуры и алгоритм определения локации радиовещательной станции.

**Введение.** Радиовещательная станция на определенной территории совершает передачу информации, сигналы которой наша радиоаппаратура в состоянии принять, но не обязательно декодировать. Неизвестную локацию этой станции можно определить обработкой принимаемых радиосигналов.

При определении локации радиостанции возникает проблема измерения расстояния, т. е. времени распространения радиосигнала. Для того чтобы определить время распространения радиосигнала на некотором расстоянии, необходимо обнаружить характерный момент времени (например, точно определенный проход сигнала через нуль), практически моментально сформировать электрический импульс и измерить интервал времени между моментами его появления в двух точках пространства. Измеряемый интервал времени должен быть функцией трех пространственных координат локации упомянутой станции. Если измерить три интервала времени и на основании геометрии метрологической системы составить три уравнения, то, решая их, получим пространственные координаты локации радиовещательной станции. Так как при измерении каждого такого интервала времени нужно иметь две станции, то для реализации измерения трех интервалов времени необходимы три пары станций; если одна из станций общая в каждой из трех пар, то достаточно четырех станций.

**Геометрические отношения и измерительная аппаратура.** Радиовещательная станция неизвестных координат расположена в точке  $S(x, y, z)$ , прием ее сигналов происходит в наблюдательных станциях, расположенных в точках известных координат  $S_1(x_1, y_1, z_1)$ ,  $S_2(x_2, y_2, z_2)$ ,  $S_3(x_3, y_3, z_3)$  и  $S_4(x_4, y_4, z_4)$  (рис. 1). В главной станции  $S_1$  прием сигналов станции  $S$  совершается следующими способами:

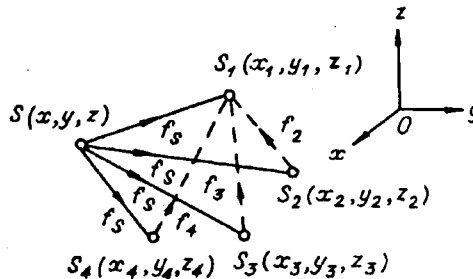


Рис. 1

- 1) непосредственно из станции  $S$  на несущей частоте  $f_s$ ;
- 2) через станции  $S_2, S_3$  и  $S_4$ , в которых с использованием смесителей  $СмS_2, СмS_3$  и  $СмS_4$  принимаемый на несущей частоте  $f_s$  сигнал из станции  $S$  преобразуется в сигналы соответствующих несущих частот  $f_2 = f_s + f_{02}, f_3 = f_s + f_{03}$  и  $f_4 = f_s + f_{04}$ , где  $f_{02}, f_{03}$  и  $f_{04}$  — частоты соответствующих осцилляторов (рис. 2).

В главной станции  $S_1$  принятые сигналы на несущих частотах  $f_2, f_3$  и  $f_4$  в соответствующих смесителях  $См2, См3$  и  $См4$  передаются (Пер) на несущую частоту  $f_s$ . Сигналы на выходах смесителей имеют одинаковые формы в зависимости от времени, но неодинаковое смещение по оси времени из-за неодинаковых пройденных путей. Из рис. 1 видно, что сигнал радиовещательной станции  $S$ , который непосредственно принимается в главной станции  $S_1$ , во времени опережает сигналы, принимаемые через станции  $S_2, S_3$  и  $S_4$ . Сигнал частоты  $f_s$  с выхода приемника Пр $S$  в главной станции  $S_1$  поступает на вход линии задержки (ЛЗ), в которой задержка  $\tau$  сигнала непрерывно и периодически (по принципу кругового счетчика) изменяется от нуля до заданной максимальной величины. Совокупная задержка сигнала на выходе ЛЗ в отношении момента излучения сигнала станцией  $S$  равна  $t_1 + \tau$ . На вход коррелятора  $K_2$  поступают сигналы: 1) с выхода ЛЗ с задержкой  $t_1 + \tau$  в отношении момента излучения станцией  $S$  и 2) с выхода смесителя  $См2$  с задержкой  $t_2$  в отношении момента излучения станцией  $S$ . Максимальное значение корреляционной функции коррелятора  $K_2$  достигается при задержке  $\tau = t_1$  линии задержки и условии  $t_1 + \tau = t_2$  ( $\tau_2 = t_2 - t_1$ ); в этом случае на выходе коррелятора  $K_2$  генерируется узкий импульс, который открывает электронный ключ (ЭК), и величина  $\tau_2 = t_2 - t_1$  из линии задержки записывается в память ЭВМ. Такими же способами в память ЭВМ записываются величины  $\tau_3 = t_3 - t_1$  и  $\tau_4 = t_4 - t_1$ .

На основании рис. 1 имеем

$$\overline{SS_i} + \overline{S_i S_1} = c(t_i - t), \quad i = \overline{1, 4}, \quad (1)$$

где  $c$  — скорость электромагнитной волны;

$$S = S(x, y, z), \quad S_i = S_i(x_i, y_i, z_i); \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \overline{SS_i} &= \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}, \\ \overline{S_i S_1} &= \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2 + (z_1 - z_i)^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

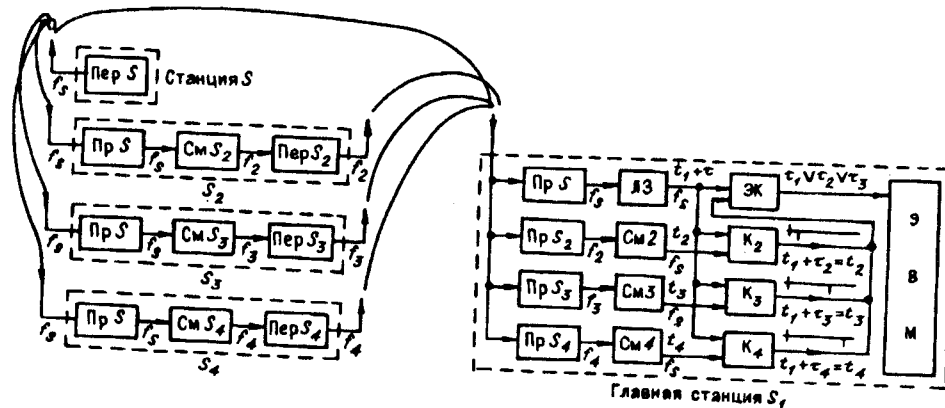


Рис. 2

Вычитая  $\overline{SS_1}$  из уравнения (1) и используя (3), получим

$$\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} = A_i, \quad i = \overline{2, 4}, \quad (4)$$

где

$$A_i = c(t_i - t_1) - \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2 + (z_1 - z_i)^2}, \quad i = \overline{2, 4}. \quad (5)$$

Преобразовывая уравнения (4), получим неявную форму  $F_i(x, y, z) = 0$ ,  $i = 2, 4$ , или

$$a_{11}(i)x^2 + a_{12}(i)xy + a_{22}(i)y^2 + a_{23}(i)yz + a_{33}(i)z^2 + a_{13}(i)xz + a_{10}(i)x + a_{20}(i)y + a_{30}(i)z + b(i) = 0, \quad i = \overline{2, 4}, \quad (6)$$

где

$$\begin{cases} a_{11}(i) = (x_i - x_1)^2 - A_i^2, & a_{12}(i) = 2(x_i - x_1)(y_i - y_1), \\ a_{22}(i) = (y_i - y_1)^2 - A_i^2, & a_{23}(i) = 2(y_i - y_1)(z_i - z_1), \\ a_{33}(i) = (z_i - z_1)^2 - A_i^2, & a_{13}(i) = 2(x_i - x_1)(z_i - z_1), \\ a_{10}(i) = (x_i - x_1)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2 - A_i^2) + 2x_i A_i^2, \\ a_{20}(i) = (y_i - y_1)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2 - A_i^2) + 2y_i A_i^2, \\ a_{30}(i) = (z_i - z_1)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2 - A_i^2) + 2z_i A_i^2, \\ b(i) = \frac{1}{4}(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2 - A_i^2)^2 - \\ -(x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)A_i^2, \quad i = \overline{2, 4}. \end{cases} \quad (7)$$

Алгоритм. Применяя метод гиперплоскости Ньютона [1], получаем  $k$ -й шаг решения системы уравнений (6) в форме

$$\begin{pmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ z_{k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \frac{dF_2}{dx_k} & \frac{dF_2}{dy_k} & \frac{dF_2}{dz_k} \\ \frac{dF_3}{dx_k} & \frac{dF_3}{dy_k} & \frac{dF_3}{dz_k} \\ \frac{dF_4}{dx_k} & \frac{dF_4}{dy_k} & \frac{dF_4}{dz_k} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} F_2(x_k, y_k, z_k) \\ F_3(x_k, y_k, z_k) \\ F_4(x_k, y_k, z_k) \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Структурная схема алгоритма решения поставленной проблемы показана на рис. 3. Выбор величин предельных ошибок  $D_i$ ,  $i = \overline{1, 3}$ , выполняется соответственно физическим возможностям измерительной системы [2], которые непосредственно определяют необходимое число шагов и время вычисления.

Заключение. По отношению к методам такого же назначения, как и в [3], предложенный метод является специфическим:

1) в сущности, это импульсный метод, у которого измерение интервалов времени внутри измерительной системы совершается статистическим способом, т. е. применением корреляторов;

2) имеется возможность наблюдения за локацией радиовещательной станции независимо от декодирования сигнала;

3) реализация метода подразумевает применение современной технологической базы и обеспечивает высокие метрологические характеристики.

Разрешающая способность предложенного метода является функцией разрешающих способностей применяемых линий задержки и корреляторов, частотного диапазона сигнала и времени усреднения. В случае радиоканала с АМ ошибка определения локации радиовещательной станции порядка 300 м обуславливает разрешающую способность коррелятора порядка  $10^{-2}$ . Такой же коррелятор на радиоканале с ЧМ дает ошибку определения локации радиове-

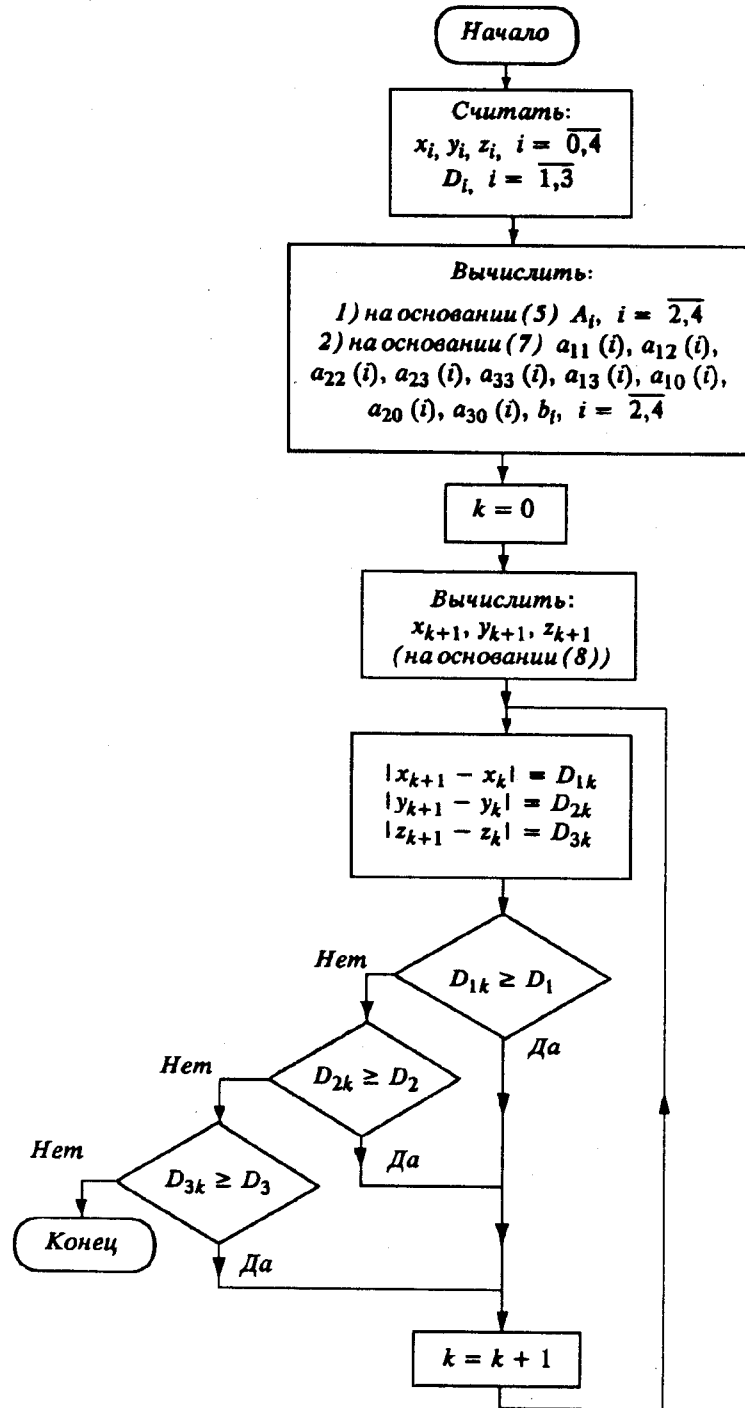


Рис. 3

щательной станции порядка нескольких десятков метров и на ТВ-канале — несколько метров [4—7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tosić D. Uvod u numeričku analizu.—Beograd: Naučna knjiga, 1982.

2. Golubović Lj. Nove mogućnosti određivanja položaja geostacionarnih televizijskih satelita sa primenom u sistemima za distribuciju vremenskih signala i navigaciji: Dokt. Rad.—Beograd, 1985.
3. Laurila S. H. Electronic Surveying and Navigation.—N. Y. a. o., 1975.
4. Golubović Lj. Određivanje položaja radiodifuzne stanice obradom primljenih radiosignala.—N. Sad.: JUKEM, 1984.
5. Golubović Lj. Računarska obrada primljenih radiosignala u sistemu za određivanje položaja radiodifuzne stanice.—Split.: JUKEM, 1988.
6. Голубович Л. Р. Система автономного определения локации и скорости телевизионных спутников // Космич. исследования.—1991.—29, вып. 3.
7. Kovačević B., Golubović Lj. Determination of geostationary satellite position: Paper pres. at the Conf. on Precision Electromagnetic Measurements, Delft, Netherland, 1984.—S. 1., 1984.—(IEEE CAT, N 84 CH 2057-8, D).

*Поступило в редакцию 11 ноября 1991 г.*

УДК 621.373.826 : 621.396

**И. И. Горина, В. С. Дорош, В. А. Никитин, Н. А. Яковенко**

*(Краснодар)*

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЛИНЗОВЫХ РАСТРОВЫХ СТРУКТУР

Методом электростимулированной миграции ионов серебра получены растровые структуры размером  $40 \times 40$  мм из цилиндрических микролинз с периодами 60, 80, 100 и 120 мкм и исследованы их основные характеристики в зависимости от технологических режимов. Изготовлены микролинзы с шириной фокальной полосы 4 мкм, фокусным расстоянием 400—450 мкм, эффективностью 70 % и степенью интеграции порядка 100 элементов/см, предназначенные для межчиповых и внутрочиповых оптических межсоединений.

При создании цифровых систем обработки информации параллельного действия, формировании межчиповых и внутрочиповых оптических межсоединений весьма часто возникает задача по разбиению пучка лазера на большое количество пучков определенной конфигурации и размеров. Такая задача с минимумом энергетических потерь может быть решена при использовании системы растров цилиндрических микролинз.

В данном сообщении приведены результаты разработки и исследования растров цилиндрических микролинз, формируемых методом электростимулированной миграции. Для изготовления растров микролинз использовалась алюминиевая маска толщиной 1,5 мкм с линиями шириной 20 мкм и периодами расположения линий 60, 80, 100 и 120 мкм.

Микролинзовые структуры размером  $40 \times 40$  мм получены методом электромиграции ионов серебра в натрий-силикатном стекле из расплава смеси нитрата серебра и нитрата натрия в соотношении 1 : 10 (моль) при температуре расплава 600 К и напряжении 25 В. Технология процесса изготовления микролинзовых структур аналогична описанной ранее в [1—3]. Время электромиграции варьировалось от 10 до 40 мин.

Исследования основных параметров (фокусное расстояние, ширина фокальной полосы, эффективность микролинз) проводились на установке (рис. 1) с использованием He—Ne-лазера ЛГН-208. Диафрагма с диаметром отверстия 10 мкм и линзы служили для получения однородного пучка диаметром 1 см. За исследуемой микролинзовой структурой располагался объектив микроскопа, дающий в плоскости фотоприемника увеличенное изображение. Распределение интенсивности излучения регистрировалось с помощью фото диода ФД-24К, цифрового вольтметра В7-21А и персонального компьютера.