

## Линейная антенная решетка для излучения сверхширокополосных сигналов

А.Н. Шаманов, В.Ф. Лось, С.Ю. Заиконников

ОАО «Концерн радиостроения «Вега», ОАО «МНИИС», Кутузовский пр. 34, 121170, Москва, Россия, mniis@vega.su

Предложен принцип построения сверхширокополосной (СШП) антенной решетки, с оригинальной схемой согласования антенны.

The principle of construction ultra-wideband (UWB) an antenna lattice, with the original circuit of the matching of the antenna is offered.

### Метод согласования линейной антенной решетки

Сверхширокополосное согласование линейной антенной решетки (АР) достигается тем, что в линейной излучающей системе (рис.1), имеющей один вход 1 на две линии 2 и 3, с расположенными на них элементами излучения 4 и 5, распределенными вдоль линий, элементы излучения, расположенные на одинаковых электрических расстояниях от входа  $d_i = l_i$ , включены относительно друг друга обратным образом и их сопротивления выбираются из условия:

$$r_i \cdot g_i = W_1 \cdot W_2, \quad (1)$$

где  $r_i, g_i$  - сопротивление излучающих элементов;

$W_1, W_2$  - волновые сопротивления линий.

Для нормированных сопротивлений при  $W_1=W_2$  условие (1) запишется так:  $r_i \cdot g_i = 1$ .

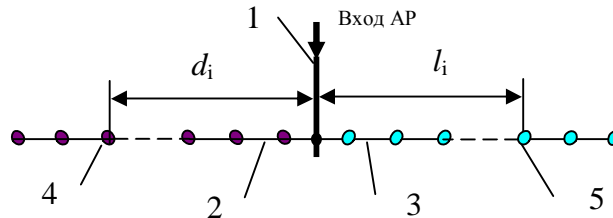


Рис. 1. Схема линейной антенной решетки

На рис. 2 показана эквивалентная схема рассматриваемой АР, подобная эквивалентной схеме последовательного деления мощности в волноводной щелевой АР с поперечными и последовательными щелями на широких стенках волноводов.

В такой АР при указанном соотношении (1) сопротивлений излучателей в линиях сигналы, отраженные на вход АР будут иметь одинаковые амплитуды, но обратные

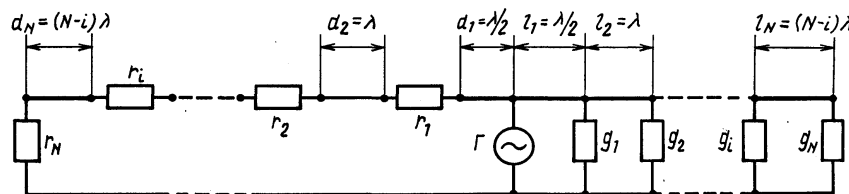
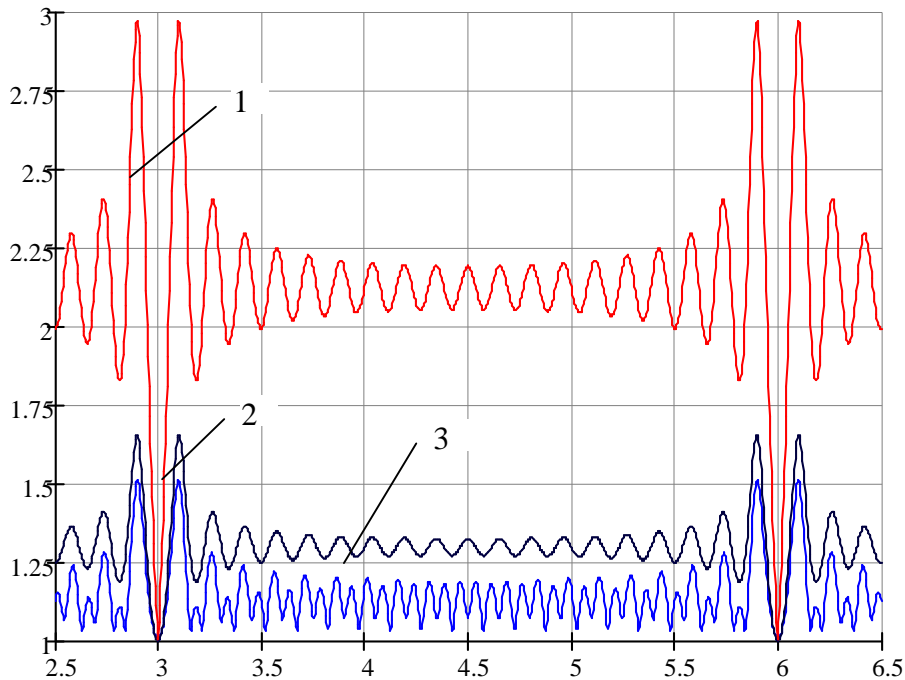


Рис. 2. Эквивалентная схема широкополосной волноводно-щелевой решетки, состоящей из двух линий с излучателями, симметрично включенными относительно входа

знаки, что приводит к компенсации отраженных сигналов на входе АР в широком диапазоне частот.

На рис. 3 представлены входные характеристики КСВ, рассчитанные при делении антенны на  $2N=20+20$  элементов.



**Рис. 3. Характеристики КСВ на входе эквивалентной схемы волноводно-щелевой решетки:**

- 1) с параллельной (последовательной) схемой включения элементов излучения, для  $2N=20+20$  -  $КСВ_{MAX} = 2,97$ ;
- 2) с параллельной и последовательной схемой включения элементов излучения, для  $2N=20+20$  -  $КСВ_{MAX} = 1,65$ ;
- 3) с параллельной и последовательной схемой включения элементов излучения, для  $2N=20+20$  -  $КСВ_{MAX} = 1,5$ .

Согласование АР указанным способом можно выполнить как в нерезонансной, так и в резонансной решетках.

#### Диаграмма направленности линейной антенной решетки

Непрерывная линейная излучающая система или просто линейный излучатель может рассматриваться как предельный случай линейной антенной решетки с числом элементов на интервале от  $-L$  до  $L$ , стремящимся к бесконечности  $N \rightarrow \infty$ . Тогда суммирование заменяется интегрированием и множитель направленности линейного излучателя определяется соотношением:

$$f(\theta) = \int_{-L}^L I(z) e^{(jkz \cos \theta)} dz, \quad (2)$$

где,  $I(z) = |I(z)| \exp[i(\Phi(z))]$ —функция распределения возбуждения по длине излучателя (амплитудно-фазовое распределение);

$z \cos \theta$  — разность хода лучей;  $k=2\pi/\lambda$  – волновое число.

Определим функцию распределения возбуждения по длине линейной АР.

При переходе к непрерывной излучающей системе, сопротивлений излучателей при  $N \rightarrow \infty$ , на схеме рис.3 на конце одной линии, где нормированные сопротивления  $r_i < 1$ , возникает режим короткого замыкания. А в другой линии, где нормированные сопротивления  $g_i > 1$  - режим разрыва, холостого хода.

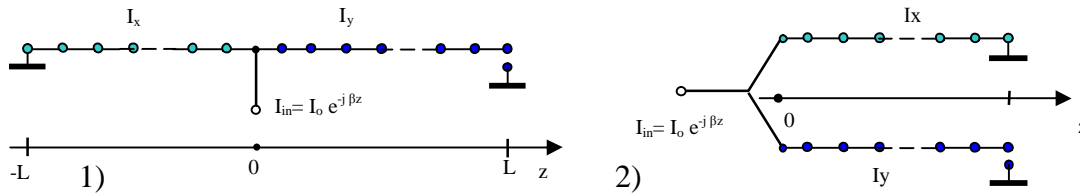
Процесс передачи энергии в линии в этом случае может быть представлен в виде падающих и отраженных волн тока:

$$\begin{aligned} I_x &= I_{nad} + I_{omp}, \\ I_y &= I_{nad} - I_{omp}. \end{aligned}$$

Следовательно, в линиях возникает стоячая волна тока, где согласно граничным условиям распределение тока в линиях записывается так:

$$\begin{aligned} I_x &= 1/2 \cdot (I_0 e^{-j\beta z} + I_0 e^{j\beta z}) = I_0 \cos\beta(L-z); \\ I_y &= 1/2 \cdot (I_0 e^{-j\beta z} - I_0 e^{j\beta z}) = I_0 (-j \sin\beta(L-z)). \end{aligned}$$

Но на входе АР согласованный режим – бегущая волна:  $I_{in} = I_0 e^{-j\beta z} = I_x + I_y$ ,  
Пример антенн с линейной излучающей системой представлен на рис.4, где



**Рис. 4.** Эквивалентной схемы линейной антенной решетки, длина линии  $L=1m$ :  
1) линии с параллельной и последовательной схемой включения элементов излучения направлены в разные стороны;  
2) линии с параллельной и последовательной схемой включения элементов излучения направлены в одну сторону.

Излучателем является линия, на входе которой течет электрический ток  $I(z) = I_0 e^{-jkz}$ , а затем линия делится на две линии, с токами:

$$\begin{aligned} I_1(L-z) &= I_0/2 (e^{jk(L-z)} - e^{-jk(L-z)}) = j I_0 \sin k(L-z); \\ I_2(L-z) &= I_0/2 (e^{jk(L-z)} + e^{-jk(L-z)}) = I_0 \cos k(L-z). \end{aligned}$$

Запишем множитель направленности линейного излучателя, представленного на рис.4, 1):

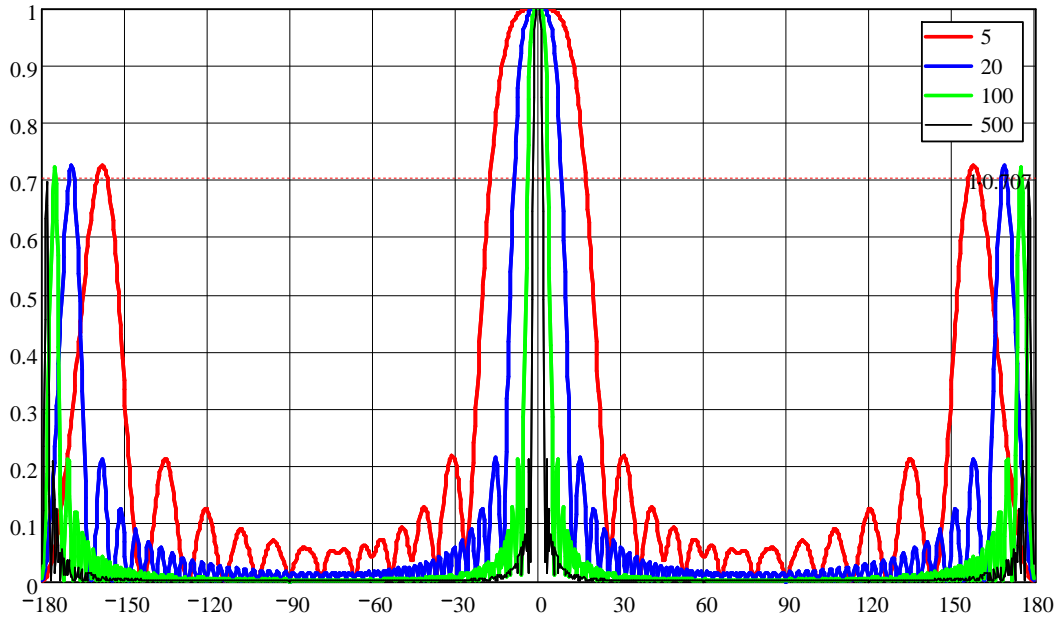
$$\begin{aligned} f_1(\theta) &= \int_{-L}^0 0,5 \cdot [e^{-j\beta(L-z)} + e^{j\beta(L-z)}] e^{j\beta z \cos \theta} dz + \int_0^L 0,5 \cdot [e^{-j\beta(L-z)} - e^{j\beta(L-z)}] e^{j\beta z \cos \theta} dz = \\ &= \int_{-L}^0 I_0 \cos \beta(L-z) \cdot e^{j\beta z \cos \theta} dz - j \int_0^L I_0 \sin \beta(L-z) \cdot e^{j\beta z \cos \theta} dz \end{aligned}$$

Далее запишем множитель направленности линейного излучателя, представленного на рис.4, 2):

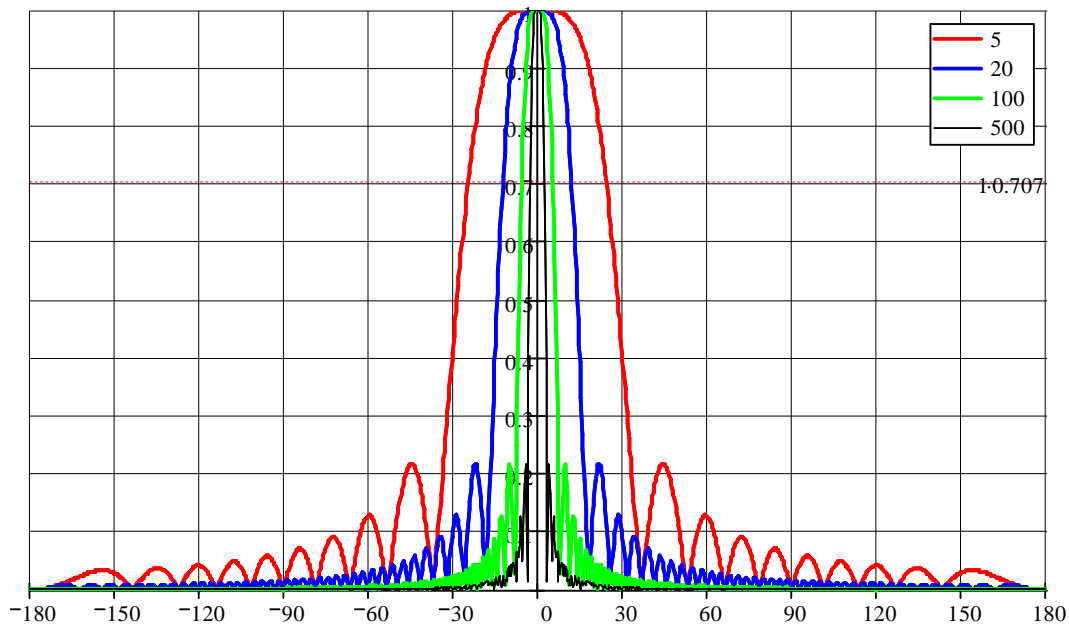
$$f_2(\theta) = \int_0^L I_0 [\cos \beta(L-z) - j \sin \beta(L-z)] \cdot e^{j\beta z \cos \theta} dz = \int_0^L I_0 e^{-j\beta(L-z)} \cdot e^{j\beta z \cos \theta} dz.$$

Диаграммы направленности или множители направленности линейного излучателя  $f_1(\theta)$  и  $f_2(\theta)$  представлены, соответственно, на рис.5 и рис.6. Множитель направленности  $f_2(\theta)$  соответствует амплитудно-фазовому распределению  $I(z)$  для бегущей волны в линии. Следует заметить, что в каждой отдельной линии возбуждения устанавливается режим стоячей волны тока.

Таким образом, при выбранной системе излучателей достигнуто сверхширокополосное согласование по входу линейной АР, при этом диаграмма направленности АР сохраняет направление максимума излучения, но ширина диаграммы меняется в соответствии с электрической длиной антенны.



**Рис. 5. Диаграмма направленности линейной АР, представленной на рис.4,1):**  
 линии с параллельной и последовательной схемой включения элементов излу-  
 чения направлены в разные стороны, для разной электрической длины линии  
 $L/\lambda$  : - 5, 20, 100, 500



**Рис. 6. Диаграмма направленности линейной АР, представленной на рис.4,2):**  
 линии с параллельной и последовательной схемой включения элементов излу-  
 чения направлены в одну сторону, для разной электрической длины линии  $L/\lambda$  :  
 - 5, 20, 100, 500

#### Литература

1. Антенны и устройства СВЧ. Под. ред. Д. И. Воскресенского. - М.: Сов. радио.-1972.
2. Марков Г. Т., Сазонов Д. М. Антенны. - М.: Энергия. - 1975.
3. Сазонов Д. М., Гридин А. Н., Мишустин Б. А. Устройства СВЧ. - М.: Высшая школа, - 1981.
4. Основы инженерной электрофизики. Под ред. П.А. Ионкина, -М., Высшая школа, 1972г.