# ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ АКТИВНЫХ ВИБРАТОРОВ

Кеванишвили Г.Ш., Кеванишвили И.Г., Меладзе В.Д.,
Шенгелия М.А., Чихладзе Г.Г.

Грузинский технический университет,
0175, ул. М. Костава, 77, Тбилиси, Грузия

**Резюме**

В представленной статье, для частного случая, с помощью новой методики, исследуется электромагнитная совместимость (ЭМС) антенной системы, образованной двумя, параллельно расположенными, активными диполями одинаковой длины. Вычисляется т.н. функция совместимости (ФС), характеризующая качество ЭМС в заданной области пространства. Приводятся численные результаты, доказывающие эффективность предложенной методики.

**Ключевые слова**: Электромагнитная совместимость. Активный вибратор. Диполь.

## 1. Постановка задачи

Расположение антенной системы в прямоугольной системе координат $(XYZ)$ показано на рисунке 1, она состоит из двух, параллельных, активных, симметричных вибраторов, расположенных на расстоянии $d$ друг от друга.

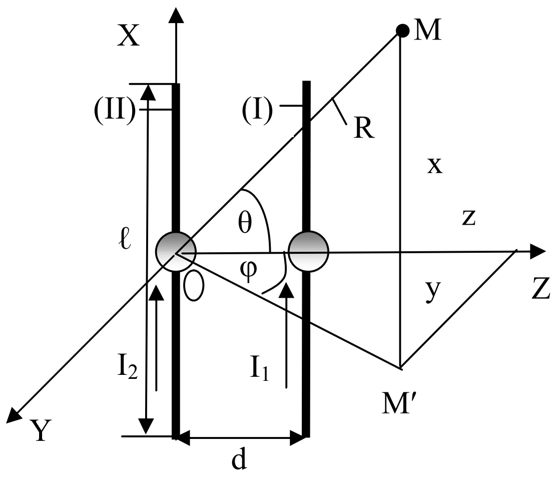


**Рис.1. Антенная система из двух активных вибраторов.**
**$I_1$ и $I_2$ – плотности линейных токов на вибраторах**

Известно, что в главной экваториальной плоскости $[1]$, модуль вертикальной составляющей напряженности электрического поля $|E_x|$ определяется соотношением

$$|E_x| = A(1-\cos k\ell)\sqrt{1+q^2+2q\cos(-\psi+kd\cos\varphi)} \tag{1}$$

где $A = {60\pi I_1}/{R\sin k\ell}, k = {2\pi}/{\lambda}, \lambda -$ длина волны в пустоте, $q-$ отношение амплитуд токов в вибраторах, $\psi -$ сдвиг фаз между токами, $\ell -$ длина вибраторов.

Рассмотрим случай, когда $q=1$, тогда функция

$$F(\varphi,\gamma) = \cos(-\alpha+\gamma\cos\varphi), \left(\gamma = {kd}/{2}, \alpha = {\psi}/{2}\right) \tag{2}$$

будет представлять собой характеристику направленности рассматриваемой системы в главной экваториальной плоскости. Наша основная задача заключается в вычислении т.н. функций совместимости (ФС) $[2]$:

$$C(\gamma)=\left|\int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\cos(-\alpha+\gamma\cos\varphi)d\varphi\right|, \qquad (3)$$

которая дает значение модуля интегрального поля в дальней зоне в области совместимости $\Omega\in(\theta_2,\theta_1)$, в которой (ФС) должна равняться либо нулю, либо иметь низкий уровень боковых лепестков для определенных значений параметра $\gamma=\gamma_i$ $(i=0,1,2,\ldots)$.

## 2. Теория

Прежде всего вычислим значяение (ФС); для этого обратимся к интегралу (3) и введем новую переменную

$$t=\gamma\cos\varphi-\alpha, \qquad (4)$$

которая преобразует (3) к виду

$$C(\gamma)=\int_{t_1(\gamma)}^{t_2(\gamma)}\frac{\cos t dt}{\sqrt{\gamma^2-(-\alpha+t)^2}}, \qquad (5)$$

где

$$\left.\begin{aligned} t_1(\gamma)&=\gamma\cos\varphi_1-\alpha,\\ t_2(\gamma)&=\gamma\cos\varphi_2-\alpha.\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Теперь продифференцируем (5) по параметру $\gamma$, в результате получим:

$$\frac{\partial C(\gamma)}{\partial\gamma}=\int_{t_1(\gamma)}^{t_2(\gamma)}\frac{\partial f(t,\gamma)}{\partial\gamma}dt+\{t_2'(\gamma)f[t_2(\gamma),\gamma]-t_1'(\gamma)f[t_1(\gamma),\gamma]\}, \qquad (7)$$

где

$$f(t,\gamma)=\frac{\cos t}{\sqrt{\gamma^2+(\alpha-t)^2}},\quad t_1'(\gamma)=-\cos\varphi_1,\quad t_2'(\gamma)=-\cos\varphi_2, \qquad (8)$$

$$\frac{\partial f(t,\gamma)}{\partial\gamma}=-\frac{\gamma\cos t}{\sqrt{\gamma^2-(\alpha-t)^2}\left[\gamma^2-(\alpha-t)^2\right]}. \qquad (9)$$

При $\gamma>>1$ имеем оценки для (7) и (9)

$$\{\ldots\}\sim 1/\gamma \text{ и } \partial f(t,\gamma)/\partial\gamma\sim 1/\gamma^2,$$

поэтому с точностью до $\left(1/\gamma^2\right)$ будем иметь приближенно

$$\frac{\partial C(\gamma)}{\partial\gamma}\simeq\{t_2'(\gamma)f[t_2(\gamma),\gamma]-t_1'(\gamma)f[t_1(\gamma),\gamma]\},$$

или, в явном виде

$$\frac{\partial C(\gamma)}{\partial \gamma} = -\frac{1}{\gamma}\left[ctg\varphi_2 \cos(\gamma \cos\varphi_2 - \alpha) - ctg\varphi_1 \cos(\gamma \cos\varphi_1 - \alpha)\right]. \tag{10}$$

Корни этой функции удовлетворяют трансцендентному уравнению

$$ctg\varphi_2 \cos(\gamma \cos\varphi_2 - \alpha) = ctg\varphi_1 \cos(\gamma \cos\varphi_1 - \alpha), \tag{11}$$

которое имеет счетное множество решений

$$\gamma = \gamma_n(\alpha, \varphi_1, \varphi_2). \quad (n = 0,1,2,\ldots) \tag{12}$$

Среди этих значений существуют и те, которые реализуют минимумы функции $C(\gamma)$. Обозначим их посредством $\bar{\gamma}_n$ и, подставляя эти значения $\gamma$ в (2), получим:

$$F(\varphi, \bar{\gamma}_n) = \cos(\bar{\gamma}_n \cos\varphi - \alpha), \quad (\gamma = \bar{\gamma}_n(\alpha, \varphi_1, \varphi_2)) \tag{13}$$

а затем построим диаграммы направленности антенны. При этом ожидается, что в интервале совместимости $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_2$ диаграммы либо не должны содержать боковых лепестков, либо, если они существуют, их уровни должны быть незначительны.

## 3. Численные результаты

В качестве примера рассмотрим интересный с практической точки зрения случай, когда $\psi = \pi/2$ $(\alpha = \pi/4)$, $\varphi_1 = 30^0$, $\varphi_2 = 60^0$, тогда трансцендентное уравнение (11) принимает вид:

$$\cos\eta = 3\cos(1{,}73\eta - 0{,}573), \tag{14}$$

где

$$\eta = -\pi/4 + \gamma/2 \quad (\gamma = kd/2). \tag{15}$$

Первые четыре корня уравнения (14) имеют следующие значения:

$$\eta_1 = 1{,}3, \quad \eta_2 = 2{,}7, \quad \eta_3 = 4{,}8, \quad \eta_4 = 6{,}8,$$

и, поэтому, из (15) находим $\gamma_1 = 1{,}03$, $\gamma_2 = 3{,}83$, $\gamma_3 = 8{,}03$, $\gamma_4 = 12{,}03$,

Из этих значений корней $\gamma_2 = 3{,}83$ и $\gamma_4 = 12{,}03$ реализуют минимумы функции совместимости (при $\varphi_1 = 30^0$ и $\varphi_2 = 60^0$).

Для случая $\gamma = \gamma_2 = 3{,}83$, характеристика направленности имеет следующий вид

$$F(\theta, \gamma_2) = \cos(3{,}83\cos\varphi - 0{,}78).$$

На рисунке 2, посредством этого соотношения, построена диаграмма направленности антенны, составленной из двух вибраторов. Из диаграммы, как и следовало ожидать, видно, что в области совместимости

$\Omega \in (\theta_2 - \theta_1)$ $(\theta_2 = 60^0, \theta_1 = 30^0)$ (затемненная часть) боковые лепестки отсутствуют, следовательно, в этой области антенна обладает высоой совместимостью и, соответственно, высокой помехозащищенностью.

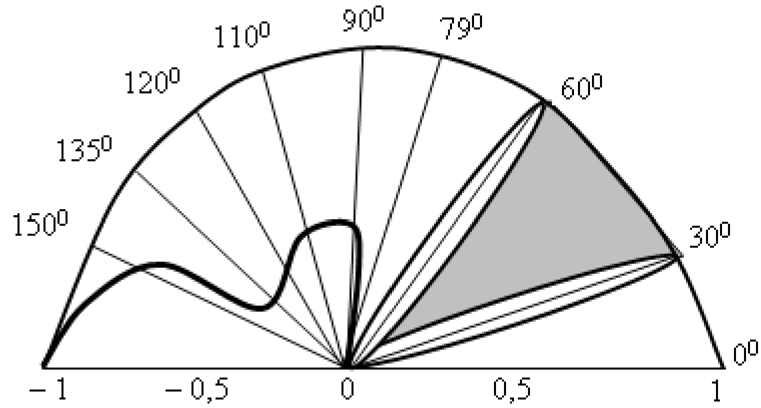


Рис.2

**Литература:**


1. Кочержевский Г.Н., Ерохин Г.А., Козырев Н.Д. Антенно-фидерные устройства. М., «Радио и связь», 1989
2. Kevanishvili G.Sh., Sikmashvili Z.I., Kevanishvili I.G., Kotetishvili K.V., Asanidze A.V., and Chikhladze G.G. On the Problem of Electromagnetic Compatibility of Antennas. GEN, №3, 2007, pp. 48-52.


## ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF AN ANTENNA SYSTEM FORMED BY TWO ACTIVE VIBRATORS


Kevanishvili G.Sh., Kevanishvili I.G., Meladze V.D., Shengelia M.A., and Chikhladze G.G.
Georgian Technical University, 0175, 77, M. Kostava st., Tbilisi, Georgia



**Summary**

In presented article, for the private case, using the new method, the electromagnetic compatibility (EMC) of the antenna system formed by two parallel active dipoles of the same length is investigated. So-called compatibility function (CF) characterizing the quality of EMC within the given area of space is calculated. The numerous data illuminating the effectiveness of the suggested method are presented.


## ორი აქტიური ვიბრატორით შედგენილი საანტენო სისტემის ელექტრომაგნიტური თავსებადობის შესახებ


გ. ქევანიშვილი, ი. ქევანიშვილი, ვ. მელაძე, მ. შენგელია, გ. ჩიხლაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175, მ. კოსტავას ქ. 77,



**რეზიუმე**

ახალი მეთოდის გამოყენებით კერძო შემთხვევისთვის გამოკვლეულია ერთი სიგრძის მქონე, ორი პარალელური აქტიური დიპოლისგან შედგენილი საანტენო სისტემის ელექტრომაგნიტური თავსებადობა (ემთ). გამოთვლილია ე.წ. თავსებადობის ფუნქცია (თფ), რომელიც ახასიათებს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ხარისხს სივრცის მოცემულ არეში. წარმოდგენილია შემოთავაზებული მეთოდიკის ეფექტიურობის დამადასტურებელი რიცხვითი მონაცემები.