

# РАСЧЕТ ДЕВЯТИСЕКЦИОННОГО РЕЗОНАТОРА ЛИНЕЙНОГО КОЛЛАЙДЕРА

Колосов С. В., Кураев А. А., Сеницын А. К., Сенько А. В.  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР),  
Кафедра вычислительных методов и программирования  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Беларусь  
e-mail: kolosov@bsuir.by

**Аннотация** — Работа посвящена расчётам ускорительной секции линейного коллайдера, состоящей из девяти полых резонаторов. Задачей исследования являлось определение частот близлежащих мод к основной  $\pi$  моде резонатора.

## I. Введение

Пример расчета односекционного резонатора дан в [1]. В таком резонаторе возбуждается  $TM_{011}$  мода с близкой к синусоиде амплитуде продольной составляющей электрического поля на оси резонатора. В многосекционном резонаторе все его ячейки оказываются связанными между собой и здесь могут наблюдаться всевозможные комбинации видов колебаний в отдельных ячейках, совсем не похожих на  $\pi$  вид колебаний в соседних ячейках.

## II. Результаты моделирования

Для расчетов использовалась программа Gyro-K из программного комплекса КЕДР [2]. Математическая модель, использованная в этой программе, основана на теории возбуждения нерегулярного волновода релятивистским электронным потоком с учетом омических потерь в стенках волновода [3].

Параметры резонатора были взяты из [4]. Резонатор этого ускорителя состоит из 9-ти секций. Причем, профиль левой половины первой секции и правой половины последней секции отличаются от профиля промежуточных секций. Параметры резонатора определяются из следующего рисунка:

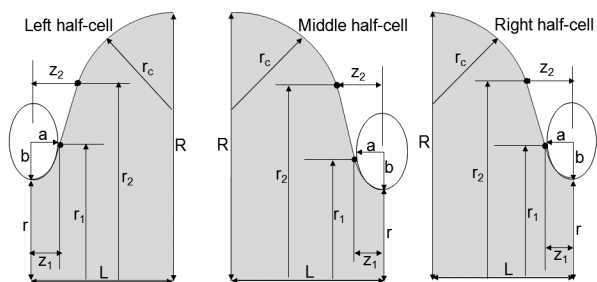


Рис. 1. Профили секций резонаторов.

Fig. 1. Shapes of resonator sections

В программе они нумеровались соответственно для каждого профиля следующим образом (Табл. 1).

Табл. 1.

Table 1.

$g_2$	$r$	$g_{12}$	$r$	$g_{22}$	$r$
$g_3$	$R$	$g_{13}$	$R$	$g_{23}$	$R$
$g_4$	$r_c$	$g_{14}$	$r_c$	$g_{24}$	$r_c$
$g_5$	$L$	$g_{15}$	$L$	$g_{25}$	$L$
$g_6$	$a$	$g_{16}$	$a$	$g_{26}$	$a$
$g_7$	$b$	$g_{17}$	$b$	$g_{27}$	$b$
$g_8$	$z_1$	$g_{18}$	$z_1$	$g_{28}$	$z_1$
$g_9$	$r_1$	$g_{19}$	$r_1$	$g_{29}$	$r_1$
$g_{10}$	$z_2$	$g_{20}$	$z_2$	$g_{30}$	$z_2$
$g_{11}$	$r_2$	$g_{21}$	$r_2$	$g_{31}$	$r_2$

Нормированные параметры  $g$  определяются формулой:  $g = 2\pi R/\lambda_0$ , где  $R$  — радиус волновода в метрах,  $\lambda_0$  — длина волны опорной частоты  $f_0 = 1.3$  ГГц,  $g_{32}$  — число секций резонатора.

В данном случае нормированные параметры  $g$  имели следующие значения:

$g_1=2.5, g_2=1.061864, g_3=2.812578, g_4=1.097259,$   
 $g_5=1.517921, g_6=0.272273, g_7=0.367568,$   
 $g_8=0.2535112, g_9=1.29534, g_{10}=0.46414,$   
 $g_{11}=2.02113, g_{12}=0.952955, g_{13}=2.812578,$   
 $g_{14}=1.143546, g_{15}=1.570796, g_{16}=0.326727,$   
 $g_{17}=0.517318, g_{18}=0.306024, g_{19}=1.289053,$   
 $g_{20}=0.457877, g_{21}=1.931918, g_{22}=1.061864,$   
 $g_{23}=2.812578, g_{24}=1.143546, g_{25}=1.549777,$   
 $g_{26}=0.245046, g_{27}=0.348509, g_{28}=0.223494,$   
 $g_{29}=1.267458, g_{30}=0.459420, g_{31}=2.013734, g_{32}=9.$

В расчетах учитывалось взаимодействие первых шести волновых мод от  $TM_{01}$  до  $TM_{06}$ . Тестовые расчеты показали, что учет более высоких типов волн практически не сказывается на точности вычислений.

Основной тип колебаний в данном резонаторе наблюдался на относительной частоте  $M = f/f_0 = 1.001376$ . Распределение нормированной амплитуды продольной составляющей электрической напряженности поля на оси резонатора приведено на рис. 2.

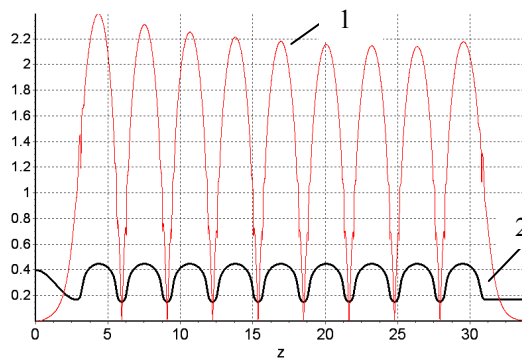


Рис. 2. Распределение амплитуды  $|\bar{E}_z|$  по длине резонатора, 1 — амплитуда поля, 2 — профиль резонатора ( $M=1.001376$ ).

Fig. 2. Amplitude distribution  $|\bar{E}_z|$  for a resonator's length, 1 — field amplitude, 2 — a resonator's shape ( $M=1.001376$ )

В соседних секциях резонатора наблюдаются противофазные колебания соответствующие  $\pi$  виду колебаний для моды  $TM_{019}$ . Неравномерность амплитуд колебаний, определяемая как отношение максимальной напряженности поля в секциях к минимальной, составляет 1.11. Следует отметить, что в случае полностью одинаковых размеров секций резонатора огибающая амплитуд становится синусоидальной, т.е. совсем не соответствует желаемому прямоугольному

распределению, когда амплитуды ускоряющего напряжения во всех секциях одинаковы.

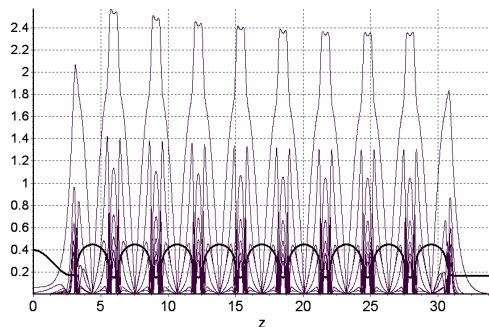


Рис. 3. Амплитуды учитываемых в расчете типов волн.

Fig. 3. Amplitudes of wave types taken into account in the calculation

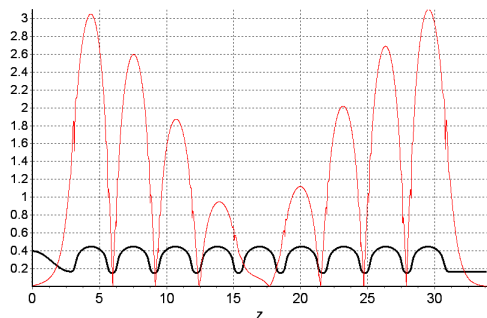


Рис. 4. Амплитуда для  $M=1.0008159$ .

Fig. 4. Amplitude for  $M = 1.0008159$

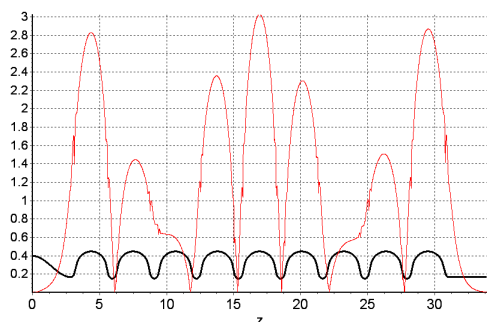


Рис. 5. Амплитуда для  $M=0.99916$ .

Fig. 5. Amplitude for  $M=0.99916$

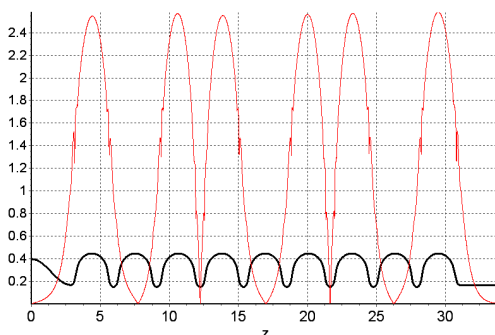


Рис. 6. Амплитуда для  $M=0.996628$ .

Fig. 6. Amplitude for  $M=0.996628$

На рис. 3 приведены распределения амплитуд учитываемых в расчете типов волн в преобразованной системе координат (см. [3]). На рис. 4-6 приведе-

ны распределения амплитуды  $|\vec{E}_z|$  для резонансов на других частотах в порядке их понижения.

Как следует из этих рисунков, основной тип колебаний в резонаторе отстоит по частоте от ближайшего паразитного типа всего на 728 кГц.

### III. Список литературы

- [1] Расчет ячейки ускорителя электронов и позитронов на сверхпроводящем ниобиевом резонаторе / И. Н. Кижлай, С. В. Колосов, А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. О. Рак, А. К. Синицын // КрыМиКо'2011. Севастополь, 2011.
- [2] Kolosov S. V., Kurayev A. A., Senko A. V. The simulation code CEDR // IVEC-2010, USA, Monterey, P.115—116.
- [3] Колосов С. В., Кураев А. А., Сенько А. В. Уравнения возбуждения нерегулярных волноводов с конечной проводимостью стенок // Техника и приборы СВЧ. 2009. № 2. С. 8—13.
- [4] International Linear Collider / G. V. Trubnikov, Yu. A. Budagov, Yu. N. Denisov, G. A. Kozlov, N. A. Tokareva, S. B. Vorozhtsov, V. V. Ivanov // Joint Institute for Nuclear Research. Eds. A. N. Sissakian, G. D. Shirkov. Dubna, 2008.

## CALCULATION OF NINE SECTION RESONATOR FOR LINE COLLIDER

Kolosov S. V., Kurayev A. A., Senko A. V.  
Department of Numerical Methods and Programming,  
Belarus State University of Informatics and  
Radioelectronics  
6, P. Brovka Str., Minsk, 220013, Belarus  
e-mail: kolosov@bsuir.by

**Abstract** — The work concerns calculations of the accelerating section of the linear collider consisting of nine hollow resonators. The aim of the study is to determine the frequencies of adjacent modes to the main  $\pi$  mode cavity.

### I. Introduction

The one-section cavity calculation example is given in [1]. In such a resonator  $TM_{011}$  mode is excited with close to sinusoidal amplitude of the longitudinal electric field on the axis of the resonator. In multi-cavity all its cells are interconnected and may be observed in all possible combinations of types of oscillations in individual cells, not similar to the  $\pi$  type of oscillations in neighboring cells at all.

### II. Results of the Simulation

For the calculations it used the program Gyro-K from CEDR software system [2]. The mathematical model, used in this program, based on the theory of excitation of irregular waveguide relativistic electron beam with taking into account ohmic losses in the waveguide walls [3].

Cavity parameters were taken from [4]. The resonator of the accelerator is composed of 9 sections. Moreover, the profile of the left half of the first section and the right half of the last section differ from the profile of the intermediate sections.

In these calculations an interaction of first six wave modes from  $TM_{01}$  to  $TM_{06}$  was considered. Test calculations have shown that the account of higher types of waves practically does not affect the accuracy of calculations.

The main type of oscillation in the cavity was observed in the relative frequency of  $M = 1.001376$ .

In the adjacent section of the cavity counter phase oscillations correspond to  $\pi$  type oscillations for the mode  $TM_{019}$  are observed. Unevenness of the amplitudes of oscillations, defined as the ratio of the maximum electric field in sections to minimal is 1.11. It should be noted, that in the case of completely identical size sections of the resonator the amplitude envelope is sinusoidal, i.e. it does not correspond to the desired rectangular distribution, when the amplitude of the accelerating voltage in all sections are the same.

The main type of oscillation in the cavity will depend on frequency from the nearest parasitic type, and it is apart only for 728 KHz.