

## Література

1. Шеннон К. Математическая теория связи [Текст]. Работы по теории информации и кибернетике : пер. с англ. / К. Шеннон; под ред. Р.Л. Добрушина и О.В. Лупанова - М.: ИЛ, 1963. - 830 с.
2. Форни Д. Каскадные коды [Текст] / Д. Форни - М.: Мир, 1970. - 207 с.
3. Колесник В.Д. Декодирование циклических кодов [Текст] / В.Д. Колесник, Е.Т. Мирончиков - М.: Связь, 1968. - 251 с.
4. Кассама Т. Теория кодирования [Текст]: пер. с яп. / Т. Кассама, Н. Токура, Е. Ивадари, Я. Инагави; под ред. Б.С. Цыбакова, С.И. Гельфанда. - М.: Мир, 1987. - 392 с.
5. Захарченко В.М. Визначення змін у групуванні помилок при використанні кодоперетворювача таймерних сигнальних конструкцій [Текст] / В.М. Захарченко, В.П. Поляков // Праці УНДІРТ – О: 2003. – с. 71 – 74.
6. Берлекамп Е. Алгебраическая теория кодирования [Текст]: пер. с англ./ Е. Берлекамп; под ред. С.Д. Бирмана – М.: Мир, 1971. – 477 с.
7. Корн Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн, Т. Корн – М.: 1974. – 830с.
8. Арипов М.Н. Передача дискретной информации по низкоскоростным каналами связи [Текст] / М.Н. Арипов – М.: Связь, 1980. – 126 с.
9. Захарченко М.В. Системи передавання даних [Текст]. Т.1. Завадостійке кодування / М.В. Захарченко – О: Фенікс, 2009. – 448 с.

*Приведено аналіз системи коливань та визначено параметри багатодіодного генератора з паралельним ввімкненням діодів в загальній електродинамічній системі*

*Ключові слова: відкритий бочкоподібний резонатор; багатодіодний генератор*

*Приведен анализ колебательной системы и определены параметры многодиодного генератора с параллельным включением диодов в общей электродинамической системе*

*Ключевые слова: открытый бочкообразный резонатор; многодиодный генератор*

*The analysis of the oscillation system is given and the parameters of multidiode generator with parallel-connected diodes in general electrodynamic system have been determined*

*Keywords: open barrel resonator, multidiode generator*

УДК 631.371

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МНОГОДИОДНОГО ГЕНЕРАТОРА КРАЙНЕ- ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Л.Н. Михайлова

Старший преподаватель

Кафедра «Энергетика и электротехнические системы в АПК»

Подольский государственный аграрно-технический

университет

ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Хмельницкая обл.,

Украина, 32300

Контактный тел.: (3849) 712-42-32

## 1. Введение

Разработка немедикаментозных методов лечения животных на основе использования низкоэнергетических электромагнитных колебаний крайневысокой частоты (КВЧ) связана с исследованиями по созданию высокостабильных источников, отвечающих высоким требованиям по спектру выходных сигналов, диапазону перестройки частоты и мощности выходного сигнала [1].

Из проведенного анализа следует, что создание малабаритных диодов генераторов, отвечающих требо-

ваниям по мощности излучения, возможно с помощью сумматоров мощности на основе высокочастотных открытых бочковых резонаторов.

## 2. Анализ последних достижений и публикаций

В настоящее время существуют работы [2], в которых рассматриваются методы расчёта открытых бочкообразных резонаторов, но результаты этих исследований не могут быть использованы для создания

генераторов на лавинно-пролётных диодах (ЛПД), которые требуют определения числа суммируемых диодов в общей электродинамической системе резонатора с работой каждого диода в режиме максимальной мощности.

### 3. Цель статьи

Аналитический анализ колебательной системы и определение параметров многодиодного генератора с параллельным включением диодов в общей резонаторной системе.

### 4. Изложение основного материала

Для определения параметров электродинамической системы многодиодного генератора рассмотрим схему построения однодиодного генератора с включением высокочастотного резонатора на проход. Схема генератора с проходным резонатором и нагрузкой  $R_{ap} < W_{0k}$  представлена на рис. 1.

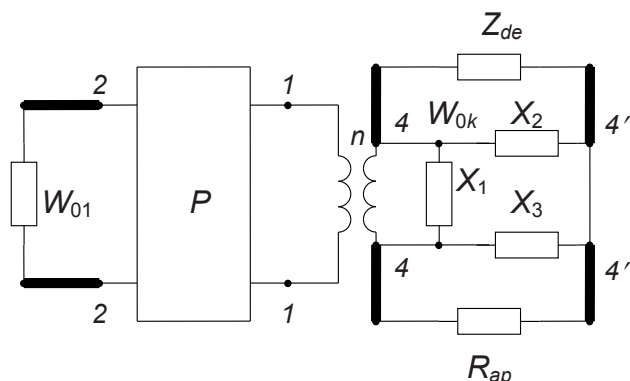


Рис. 1. Эквивалентная схема генератора с проходным резонатором: P – открытый бочкообразный резонатор;  $W_{01}$  – волновое сопротивление волновода вывода мощности;  $W_{0k}$  – волновое сопротивление волноводно-коаксиальной линии с диодом;  $R_{ap}$  – антипаразитная поглощающая нагрузка

Согласно [2] элементы схемы  $X_2, X_3$  в широком диапазоне частот могут не учитываться, реактивный элемент  $X_1$  включается в колебательный контур между коаксиалом и волноводом вывода мощности. В результате, представим схему СВЧ – цепи с проходным резонатором в рис. 2.

На рисунке  $R_{0r}$  – сопротивление резонатора;  $R_L$  – сопротивление полезной нагрузки. Диод с эквивалентным импедансом  $Z_{de}$  подключен к клеммам 1-1';  $W_{0k}$  – волновое сопротивление коаксиальной линии.

Значения  $R_{0r}, R_L$  определим непосредственно в коаксиальной линии при настройке колебательной системы в резонанс [3].

В этом случае:

$$R_{0r} = W_{0k} (K_0 - R'_{ap}); R_L = W_{0k} \frac{(K_L - R'_{ap})(K_0 - R'_{ap})}{(K_0 - K_L)}, \quad (1)$$

где  $K_L$  – связь при нагруженном резонаторе;

$$K_0 = R_{0r} / (W_{0k} + R'_{ap}); R'_{ap} = \frac{R_{ap}}{W_{0k}}.$$

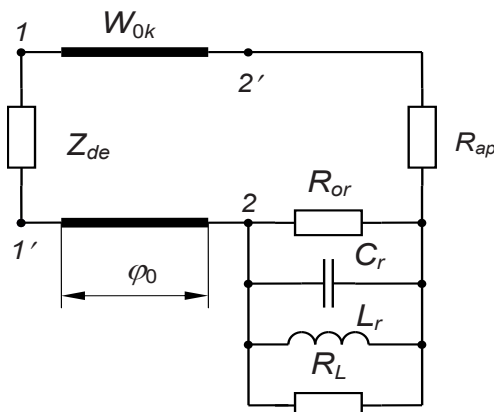


Рис. 2. Упрощенная эквивалентная схема однодиодного генератора с проходным резонатором

Рассмотрим случай включения идентичных диодов и чисто активных антипаразитных сопротивлений  $R_{ap}$  одинаковых во всех плечах сумматора. В этом случае величина оптимальной нагрузки резонатора и максимальный КПД высокочастотной цепи при обобщенной расстройке  $\xi = Q_0(\omega / \omega_0 - \omega_0 / \omega) = 0$  определяются выражениями [3]:

$$\left(\frac{R_L}{W_0}\right)^{1/2} = \left(\frac{R'_{ap}}{N}\right)^{1/2} \cdot \frac{K_0 - R'_{ap}}{\left[(K_0 - R'_{ap}) + \frac{R'_{ap}}{N}\right]^{1/2}}; \quad (2)$$

$$\eta_{max} = \frac{(K_0 - R'_{ap})N}{\left\{ (R'_{ap})^{1/2} + \left[ (K_0 - R'_{ap})N + R'_{ap} \right]^{1/2} \right\}^2}. \quad (3)$$

В режиме максимальной мощности модуль отрицательного сопротивления диода  $|-R_d|$  не превышает 2...3 Ом. В связи с этим при включении ЛПД в волноводы стандартного сечения и коаксиальные линии передачи с импедансами  $W_{01}$  и  $W_{0k}$  коэффициент трансформации активной составляющей нагрузки к диоду превышает величину  $\kappa = W_{01} / |R_d| > 50 - 100$ . Обеспечение оптимальных коэффициентов трансформации диодов при включении их в цепи СВЧ, особенно в диапазоне КВЧ, связано с трудностями построения эффективных сумматоров мощности с минимальными энергетическими потерями. Один из эффективных путей решения задачи согласования импедансов диодов и нагрузки в диапазоне КВЧ сводится к применению волноводно-коаксиальных линий (Т – образные сочленения) рис. 3.

Коаксиальная линия 2 с диаметром внешнего и внутреннего проводника  $D_2$  и  $D_1$  с диодом 1 нагружена на антипаразитное сопротивление 3 и связана с прямоугольным волноводом 4 размерами  $a \times b$ . Согласование низкоомного диода с высокоомной нагрузкой осуществляется путем подбора геометрических параметров коаксиальной линии и положения  $L_p$  короткозамыкающего поршня 5. Сопротивление потерь такого резонатора, приведенное к пучности тока, определяется формулой [2]:

$$R_p = k \cdot 5,72 \cdot 10^{-4} \frac{2\pi}{\sqrt{\lambda}} \left[ \frac{W_{0k}}{15} + n \frac{\lambda}{D_1} \left( 1 + e^{-\frac{W_{0k}}{60}} \right) \right], \quad (4)$$

$$W_{01} = 120\pi \frac{b}{a} \left[ 1 - \left( \frac{\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{-1/2}. \quad (5)$$

где

$W_{0k} = 60 \ln \frac{D_2}{D_1}$  – волновое сопротивление коаксиальной линии,

$\lambda$  – длина волны,

$n$  – число полуволн в линии,

$k = 1,92$  для латуни.

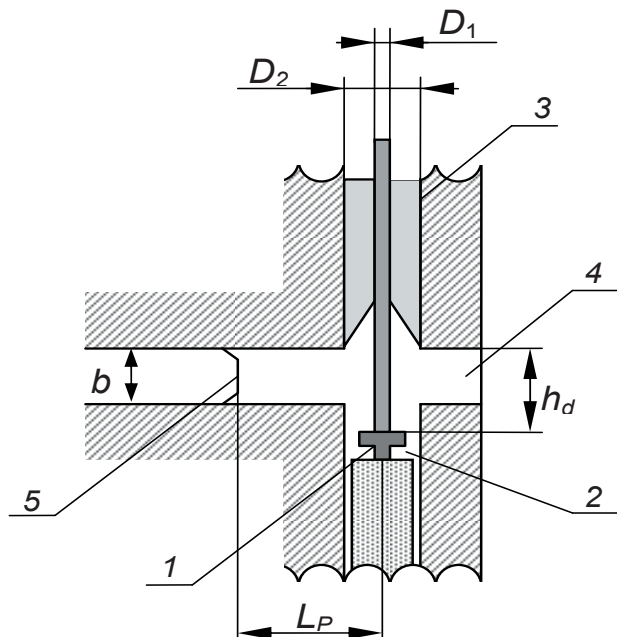


Рис. 3. Конструктивная схема ГЛПД с волноводно-коаксиальной линией

Волновое сопротивление прямоугольного волновода определим, используя формулу:

Для расчета колебательной системы многодиодного генератора 2-х мм диапазона были определены параметры волноводно-коаксиальной линии с диодом. Волноводно-коаксиальная линия имеет следующие параметры:  $D_2 = 1\text{ мм}$ ,  $D_1 = 0,5\text{ мм}$ ,  $n = 2$ ,  $a = 1,6\text{ мм}$ ,  $b = 0,8\text{ мм}$ ,  $L_p = 0,25\lambda$ ,  $W_{0k} = 42\text{ Ом}$ ,  $R_p \approx 0,06\text{ Ом}$ ,  $W_{01} \approx 250\text{ Ом}$ .

Анализ полученных результатов показывает, что критичность настройки сумматора для получения максимального КПД снижается при уменьшении  $R'_{ap}$  и увеличении  $N$ .

Повышение КПД суммирования при увеличении  $N$  объясняется необходимостью уменьшения сопротивления нагрузки. Эта особенность, рассматриваемой схемы, существенно отличает её от других известных схем [3] у которых КПД суммирования уменьшается при увеличении  $N$ .

Для определения числа диодов, обеспечивающих суммарную мощность в пределах 250 мВт на частотах 141...143 ГГц были проведены численные расчеты для параметров диода 2A762A: рабочий диапазон частот  $f = 140...145\text{ ГГц}$ , номинальная мощность  $P_{ном} = 0,09\text{ Вт}$ , рабочий ток  $I_0 = 150\text{ мА}$ , рабочее напряжение  $U_0 = 12\text{ В}$ ,  $R_S = 0,5\text{ Ом}$ ,  $R_p = 0,06\text{ Ом}$ ,  $C = 0,2\text{ пФ}$ ,  $p^2 = 1$ ,  $I_0/I_{нс} = 4$  [4].

Принимая КПД системы 0,8 число диодов определим из выражения:  $N \geq P_{вых} / \eta \cdot P_{ном} = 0,25 / 0,8 \cdot 0,09 = 3,47 \approx 4$ .

## 5. Выводы

Разработанный принцип построения сумматоров при параллельном включении диодов в общую электродинамическую систему позволяет определить необходимое количество диодов для получения максимальной мощности.

## Литература

1. Михайлова Л. Н. Обоснование биофизического действия электромагнитного поля для лечения мастита свиней / Л. Н. Михайлова, А. Н. Мороз // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – 2011. – Вып. 117. – С. 161 – 163.
2. Левин Л. Теория волноводов. Методы решения волноводных задач / Л. Левин. – М.: Наука, 1981. – 211 с.
3. Касаткин Л. В. Анализ высокочастотной цепи твердотельного генератора-стабилитрона / Л. В. Касаткин // Электронная техника. Серия 1. Электроника СВЧ. – 1975. – № 5. – С. 16 – 28.
4. Справочник по полупроводниковым СВЧ диодам / [Под ред. Б.А. Наливайко]. – Томск: МГП «РАСКО», 1992. – 223 с.