

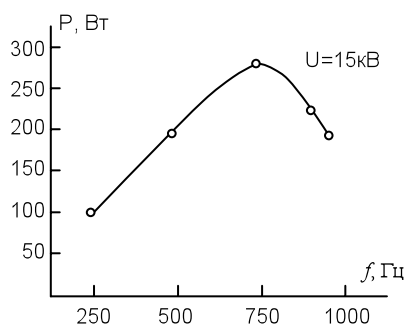
## О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЗОНАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Н.А.МАМЕДОВ, Б.Б.ДАВУДОВ, К.М.ДАШДАМИРОВ  
*Бакинский Государственный Университет*

*Представленная работа посвящена исследованию физических процессов, протекающих в озонаторах с двухбарьерным разрядом. Полученные результаты и их анализ показывают, что для эффективной работы озонаторных установок в каждом конкретном случае необходимо выбрать частоту приложенного напряжения, при которой обеспечивается максимальный коэффициент полезного действия.*

Как известно, в основе работы большинства производственных озонаторов лежат одно или двухбарьерные разряды. Физико-химические процессы, протекающие в таких разрядах, достаточно сложны и до конца ещё не изучены [1-3].

Представленная работа является продолжением исследований физических процессов, протекающих в озонаторах с двухбарьерным разрядом, изложенным в статье [4], где было показано, что активная мощность, вкладываемая в разрядный промежуток, перестает зависеть от частоты приложенного напряжения в определенном интервале (500-900 Гц), а затем убывает с ростом частоты (рис.1).



**Рис. 1.** Зависимость вкладываемой в разрядный промежуток озонатора мощности от частоты приложенного напряжения.

Мощность определялась из вольтамперной характеристики разряда по формуле

$$P = [I_{cp} - I_{cp.з.}] \cdot U_{Г} \quad (1)$$

где  $I_{cp}$  - средний ток,  $I_{cp.з.}$  - ток при потенциале зажигания,  $U_{Г}$  - напряжение горения разряда. При повышении частоты до значений превышающих 1000 Гц разряд прекращается. Этот вывод фактически противоречит установленной в теории озонаторов расчетной формуле, где мощность увеличивается с ростом частоты.

$$P = \frac{2}{\pi} \omega U_{Г} [C_{б}(U - U_{Г}) - U_{Г} C_{н}] \quad (2)$$

где  $\omega = 2\pi f$  - круговая частота,  $U_{Г}$  - напряжение горения разряда,  $U$  - напряжение на озонаторе,  $C_{б}$  - емкость барьера,  $C_{н}$  - емкость разрядного промежутка.

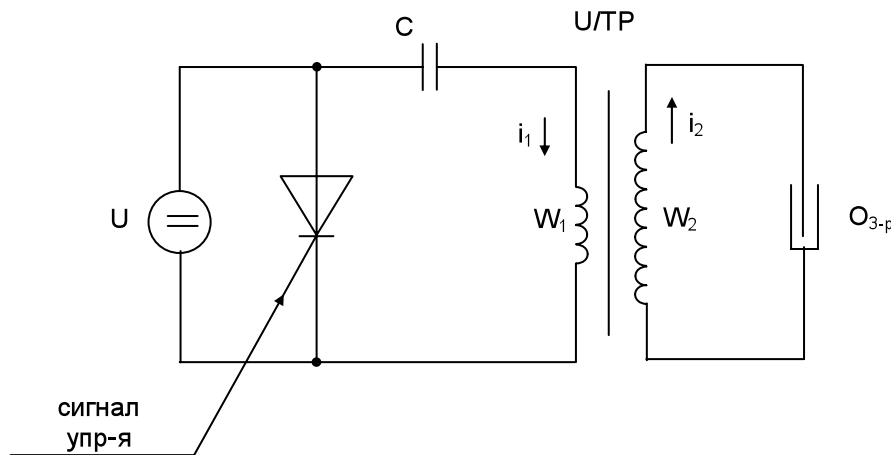


Рис. 2. Упрощенная принципиальная схема озонаторной установки.

Для выяснения вышеуказанного отклонения результатов эксперимента от теоретического выражения (2) составим полную эквивалентную схему озонаторной установки, работающей на основе двухбарьерного разряда в импульсном режиме (рис.2). В этой схеме озонаторная установка представлена как система двух связанных контуров. Напряжение питания передается с первичного контура на вторичный посредством импульсного трансформатора. Здесь при передаче импульсов напряжения с первичного контура на вторичный большую роль играют индуктивности рассеяния ( $L_s$ ) и намагничивания ( $L_m$ ). Первая влияет на форму импульсов при передаче быстрых процессов и формирование их передних фронтов, а вторая – оказывает своё влияние при передаче медленноизменяющейся части импульсов и формирует их вершины.

Разрядный ток имел два полупериода и носил сильно затухающий характер. Его можно представить в комплексном виде как  $\dot{I}_1 = \dot{I}_{m1} e^{j\omega t}$  - для первичного и  $\dot{I}_2 = \dot{I}_{m2} e^{j\omega t}$  - для вторичного контуров.  $\dot{I}_1$  - создается воздействием  $e_1(t)$  - э.д.с. первичного контура. А этот ток создаёт во вторичном контуре э.д.с. равной

$$\dot{E}_{m12} = -\frac{M d\dot{I}_1}{dt} = -j\omega M \dot{I}_{m1} \quad (3)$$

$\dot{I}_2$  - ток вторичного контура, в свою очередь создаёт э.д.с. в первичном контуре:

$$\dot{E}_{m21} = -j\omega M \dot{I}_{m2} \quad (4)$$

здесь  $M$ - коэффициент взаимоиנדукции:  $M = \kappa \sqrt{L_1 L_2}$  ( $\kappa$  - коэффициент связи,  $L_1$  и  $L_2$  – индуктивности первичных и вторичных контуров соответственно).  $\dot{I}_{m1}$  и  $\dot{I}_{m2}$  комплексные амплитуды токов.

Запишем уравнения Кирхгофа для данной системы связанных контуров

$$\begin{cases} \dot{I}_{m1} \cdot \dot{Z}_1 = \dot{E}_m + \dot{E}_{m21} \\ \dot{I}_{m2} \cdot \dot{Z}_2 = \dot{E}_{m12} \end{cases} \quad (5)$$

Учитывая здесь выражения (3) и (4) для э.д.с.  $\dot{E}_{m12}$  и  $\dot{E}_{m21}$  получим:

$$\dot{I}_{m1} \left( \dot{Z}_1 + \frac{\omega^2 M^2}{\dot{Z}_2} \right) = \dot{E}_m \quad (6)$$

здесь  $\dot{Z}_1$  и  $\dot{Z}_2$  комплексные сопротивления контуров. Уравнение (6) выражает закон Ома для рассматриваемой системы. Как видно, в первичный контур как бы вносится определенное комплексное сопротивление равное

$$\dot{Z}_{ен} = \frac{\omega^2 M^2}{\dot{Z}_2} \quad (7)$$

Реактивная часть этого, так называемого вносимого сопротивления, компенсирует реактивное сопротивление первичного контура, в результате чего сопротивление системы становится активным и, естественно, независимым от частоты. Этим объясняется независимость вкладываемой в разряд мощности от частоты вблизи резонансной частоты ( $\omega_0 = 750 \text{ Гц}$ ), наблюдаемая в наших экспериментах [4]. Очевидно, при этом изменяются и другие характеристики, в частности коэффициент передачи рассматриваемой системы связанных контуров.

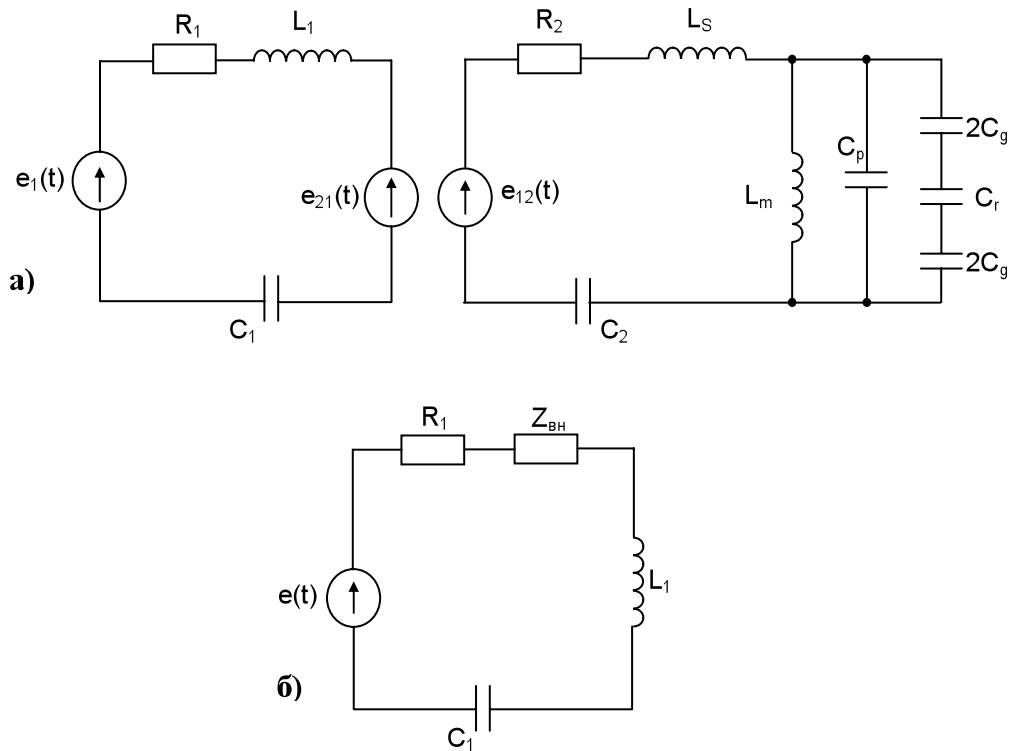
Следует отметить, что вносимое сопротивление – понятие условное. Оно позволяет определить уменьшение тока в первичном контуре, как результат увеличения сопротивления первичного контура на величину

$\dot{Z}_{вн}$ . А на самом деле, ни какое сопротивление не вносится из одной цепи в другую.

Мощность, поглощаемая на  $R_2$  – активном сопротивлении вторичного контура, которое складывается из  $R_2_{об.мп.}$  – сопротивления вторичной обмотки импульсного трансформатора и  $R_2(t)_{оз.}$  – сопротивления разрядного промежутка активного элемента озонатора, изменяющегося по времени, равна:

$$P_2 = I_2^2 R_2 \quad (8)$$

где  $R_2 = R_2_{об.мп.} + R_2(t)_{оз.}$ .



**Рис. 3.** Полная (а) и одноконтурная (б) схемы озонаторной установки.  $C_1$  – накопительная емкость,  $e_1(t)$  – э.д.с. источника питания,  $R_1$  – активное сопротивление,  $L_1$  – индуктивность первичного контура,  $e_{12}(t)$  – э.д.с. создаваемая током первичного контура во вторичном,  $e_{21}(t)$  – э.д.с. создаваемая током вторичного контура в первичном,  $L_s$  – индуктивность рассеяния,  $L_m$  – индуктивность намагничивания импульсного трансформатора,  $C_p$  – паразитная емкость,  $C_d$  – емкость диэлектрической части,  $C_r$  – емкости газового промежутка активного элемента озонатора, включенного во второй контур.

Эквивалентная схема (рис.3б) при резонансе, когда реактивное сопротивление обращается в нуль, обладает активным сопротивлением, равным

$$R_э = R_1 + Z_{\text{ен.рез.}} = R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2} \quad (9)$$

и мощностью

$$P_э = I_1^2 \left( R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2} \right) \quad (10)$$

Полезная активная мощность, вкладываемая в разрядный промежуток озонатора, является частью этой эквивалентной мощности выделяемой на  $R_э$  - эквивалентном сопротивлении:

$$P_a = aP_э = a(P_э - P_1) = aI_1^2 R_{\text{ен}} \quad (11)$$

где  $P_1 = I_1^2 R_1$  - мощность, расходуемая в активном сопротивлении первичной цепи,  $a$  - постоянное число. Отсюда можно оценить  $\eta$  - к.п.д. озонаторной установки при резонансе.

$$\eta = \frac{P_a}{P_э} = \frac{aI_1^2 R_{\text{ен}}}{I_1^2 R_э} = \frac{aR_{\text{ен}}}{R_э} = a \frac{1}{1 + R_1/R_{\text{ен}}} \quad (12)$$

Как видно, с увеличением значения вносимого сопротивления к.п.д. озонаторной установки возрастает. А для увеличения величины вносимого сопротивления необходимо увеличить коэффициент взаимной индукции  $M$  и соответственно коэффициент связи, так как он непосредственно связан с коэффициентом взаимной индукции. Все эти рассуждения показывают необходимость создания между контурами озонаторной установки критической связи:  $\text{э}Q=1$ , где  $Q$  - добротность системы.

Таким образом, полученные в данной работе результаты и их анализ показывают, что для эффективной работы озонаторных установок в каждом конкретном случае необходимо выбрать частоту приложенного напряжения, при которой обеспечивается максимальный коэффициент полезного действия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М., Изд.-во МГУ, 1998 г., с.63
2. Флишпов Ю.В., Вобликова В.А., Пантелеева В.И. Электросинтез озона. М., Изд.-во МГУ, 1987 г., с.237
3. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда. М., 1989 г., с.176
4. Мамедов Н.А., Давудов Б.Б., Дашдамиров К.М., Садык-заде Г.М., Джабаров Дж.Н. Исследование влияния частоты питающего напряжения на режим ра-

боты активного элемента многоэлементного озонатора. «Проблемы энергетики» журн., 2004, №3, с.66

5. Davudov B.B., Daşdamirov K.M. Radioelektronikanın əsasları. Bakı, BDU, 1992, s.67.

**ОЗОНАТОР ГУРЬУЛАРЫНЫН СЯМЯРЯЛИЛИЙИНИН  
АРТЫРЫЛМАСЫ ИМКАНЫНЫН ТЯЩЛИЛИ**

**Н. А. МЯММЯДОВ, Б. Б. ДАВУДОВ, К. М. ДАШДЯМИРОВ**

**ХЦЛАСЯ**

Ишдя озонатор гурьусуна рабитяли контурлар системи ки-ми бахараг, озонаторда айрылан актив эцъци тятбиг олунан эярэинлик тезлийиндя асылылыындакы нязяри вя тятърци ня-тигялярин уйьунсузлуьу изаш олунмушдур. Эюстярилмишдир ки, озонатор гурьуларынын эффектив ишлямяси ццци щяр бир кон-крет шалда гурьунун максимал файдалы иш ямсалыны тямин едян тезлик сечилмялидир.

**OZONE PLANT AS SYSTEM OF COUPLED CIRCUIT**

**N.A.MAMEDOV, B.B.DAVUDOV, K.M.DASHDAMIROV**

**ABSTRACT**

The presented work is devoted to investigation of the physical processes proceeding in ozonators with the two-barrier discharge. The obtained results and their analysis show that it is necessary to choose frequency of the applied voltage, for effective work of the ozone plant in each concrete case, at which the maximal efficiency is provided.