

ЖУРНАЛ

РУССКОГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ЧАСТЬ ФИЗИЧЕСКАЯ

ТОМ LVII

1925

ВЫПУСК 1—2

КАТОДНЫЙ ГЕНЕРАТОР КОРОТКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЛН.

М. Т. Грехова.

Соединяя вместе сетки и аноды двух катодных ламп с помощью двух контуров переменной длины, как показано на рис. 1, можно получить генератор незатухающих волн до 50 см длины. Для этого анод поддерживается при потенциале от -5 до $+14$ вольт, а сеткам катодных ламп задается потенциал от $+50$ до $+160$ вольт. Исследование зависимости длины волны от накала волоска, потенциала решетки, потенциала анода и от отношения диаметра анода к диаметру решетки показало, что длина волны зависит от изменения всех указанных здесь факторов, что дает возможность весьма удобно и точно устанавливать определенную длину волны в пределах от 50 см до 1 м. Изменения длины волны, получаемое в данном генераторе от изменения потенциала на решетке не укладывается в формулы Баркгаузена и Шейбе что указывает на более сложную природу колебаний, получаемых в данном генераторе, в сильной степени зависящих от размеров анодного контура.

При работах с электрическими волнами короче 1 м большей частью применялись затухающие колебания, получаемые с помощью искровых вибраторов. Между тем и в этой области электрического спектра представляет большой интерес использовать для различных исследований незатухающие волны, в виду чего по предложению проф. В. И. Романова мною был разработан метод получения незатухающих волн от 50 см до 1 м, отличающийся по схеме от ранее описанного вибратора Баркгаузена и Курца,¹⁾ дающего волны той же длины.

1. Описание генератора.

Генератор состоит из 2 катодных ламп, симметрично укрепленных на одной горизонтальной эбонитовой доске (рис. 1 и 2). По одну сторону от нее в горизонтальной плоскости идут два параллельных прямых провода AA' и BB' диаметром в 3 мм на расстоянии 4 см друг от друга. Одна пара концов этих проводов присоединяется к анодам ламп, а другая заканчивается подвижным мостом, устроенным

¹⁾ Phys. Zeitschrift 1920.

следующим образом. Берется медная пластинка длиной 5 см, шириной 2 см и перпендикулярно к ней припаиваются на расстоянии 4 см друг от друга 2 медные трубки такого диаметра, чтобы „анодные провода“ с легким трением входили внутрь этих трубок. Трубки припаивались различной длины от 5 см до 20 см. Двигая мостом, можно было менять длину „анодных проводов“. Два таких же провода с аналогично устроенным мостом присоединяются к сеткам ламп тоже в горизонтальной плоскости, но в противоположном направлении.

Волоски ламп соединялись параллельно и в цепь накала были введены амперметр A и вольтметр V_3 для измерения силы тока и напряжения на концах волосков. Напряжение к анодам и сеткам подводится через соответствующие мосты от батарей B_1 и B_2 через потенциометры P_1 и P_2 . Вольтметры V_1 и V_2 служат для измерения потенциалов анодов и сеток относительно волосков. Микроамперметры

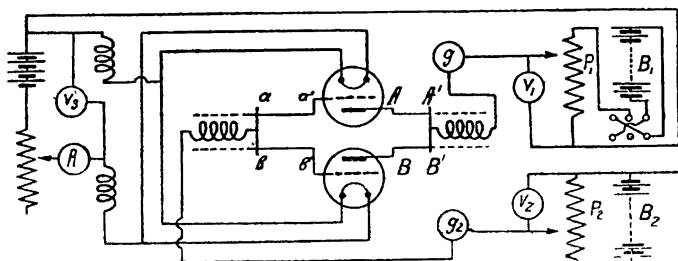


Рис. 1.

g_1 и g_2 с соответствующими шунтами служат для измерения токов в цепях анодов и решеток. Токи накала и напряжения к анодам и к сеткам подводятся через дроссельные катушки.

2. Получение колебаний.

Колебания получались при потенциалах на анод от -5 до $+14$ вольт и потенциалах на сетку от $+50$ до $+160$ вольт.

Опыты производились с лампами Одесского Радио-завода, лампами завода Треста Слабых Токов, Нuth'a, Нижегородской Радио-лаборатории и Вакуумтехнического Отдела Г. Э. Э. И.

С лампами Нuth'a и Нижегородской Радио-лаборатории, у которых электроды плоские, колебания не получались, а с прочими, у которых электроды цилиндрические, удавалось получить колебания.

Обнаружить колебания можно было при помощи нескольких витков тонкой проволоки, соединенных последовательно с детектором и микроамперметром, при приближении их к анодным и решеточным проводам.

Другой способ состоял в том, что отдельные точки анодных и решеточных проводов соединялись с землей и наблюдалось при этом изменение анодного тока. Этим путем можно было обнаружить узлы и пучности напряжения в анодных и решеточных проводах. При заземлении пучности анодный ток исчезал и колебания тоже пропадали, а при заземлении узла ток оставался неизменным. Такое изменение анодного тока при заземлении указывало на наличие колебаний, а по положению узлов и пучностей можно было приблизительно измерить длину волны. При этом следует заметить, что узел напряжения почти всегда находился в мосту, соединяющем анодные или решеточные провода. Примерное распределение узлов и пучностей дано на рис. 2.

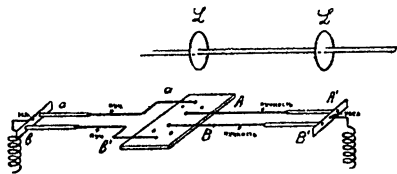


Рис. 2.

Для обнаружения узлов и пучностей выгодно было пользоваться „анодными проводами“, так как в решеточных проводах узлы и пучности не были резки и изменение анодного тока при заземлении пучности было часто только около 25%, при заземлении же пучности „анодных проводов“ анодный ток падал до нуля. Для точного измерения длин волн служила Лехеровская система, состоявшая из двух параллельных медных проволок диаметром 0,8 мм, натянутых на расстоянии 2 см друг от друга и замкнутых с одного конца неподвижным, а с другого

подвижным мостом. Мостами служили диски диаметром от 15 см до 30 см из меди или цинка. Параллельно подвижному мосту припаивался термозлемент, соединенный с гальванометром.

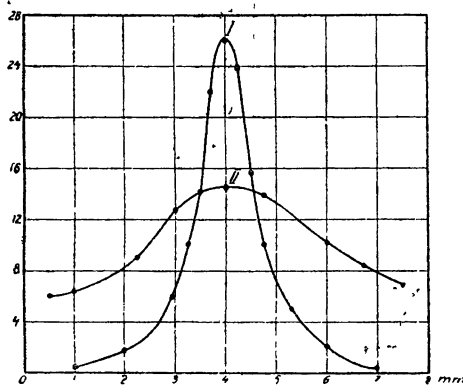


Рис. 3.

Чтобы ослабить действие решеточных проводов, приходилось осуществлять связь с Лехеровской системой следующим образом. Параллельные проволоки Лехеровской системы помещались над анодными проводами параллельно им на расстоянии от 15 до 50 см, так что решеточные провода оставались за неподвижным мостом. Рис. 2 поясняет это расположение. При такой связи получался резкий резонанс (рис. 3 кривая I). Если же расположить Лехеровскую систему не только над анодными проводами, но и над решеточными проводами, или только над этими последними, то

резонансная кривая делается более пологой, энергия меньшей, а отклонения гальванометра, соединенного с термоэлементом, ни в каком положении подвижного моста Лехеровской системы не падают до нуля (рис. 3, кривая II).

Чтобы выяснить условия получения волн в данной схеме, была исследована зависимость длины волны от накала волоска, потенциала анода, потенциала решетки и от отношения диаметра анода к диаметру решетки. Результаты этих измерений представлены в таблицах 1, 2, 3, которые дают зависимость длины волны от накала волоска (табл. 3), от потенциала анода (табл. 1 и 2), от потенциала решетки (табл. 2) и от отношения диаметра анода к диаметру решетки (табл. 1).

Т а б л и ц а 1.

| Лампы. | E_a | E_g | I_a | I_h | d_a/d_g | λ |
|---|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| Треста слабых токов № 273 и 209. | -5 | 100 | 9,5 | 3 | 3,17 | 61,6 |
| | 0 | — | — | — | — | 73,6 |
| | +5 | — | — | — | — | 96 |
| | +10 | — | — | — | — | 100 |
| Одесского радио-завода № 97/760 № 95/80 | -5 | — | 9 | 4 | 2,25 | 56,8 |
| | 0 | — | — | — | — | 62,6 |
| | +5 | — | — | — | — | 67,8 |
| | +10 | — | — | — | — | 73 |

Обозначения в этих таблицах следующие:

E_a — потенциал анода в вольтах.

E_g — " " решетки в вольтах.

d_a — диаметр анода

d_g — " " решетки.

I_a — ток анода (мил. амп. 7,610)

I_h — ток накала

λ — длина волны в см.

A — длина анодных проводов.

q — длина решеточных проводов.

Табл. 2.

| Лампы Одесс. Р.-З. № 1659 № 1302 $I_h = 1$ амп. $A = 23$ см | | |
|---|-------|-----------|
| E_g | E_a | λ |
| 95 | 0 | 66,5 |
| 110 | — | 63' |
| 120 | — | 60 |
| 135 | — | 59,2 |
| 140 | — | 58,7 |
| 150 | — | 57,5 |
| 160 | — | 56,2 |
| 95 | 0 | 66,5 |
| — | 5 | 72,5 |
| — | 8 | 75,8 |
| — | 12 | — |
| 120 | 0 | 60,8 |
| — | 5 | 67 |
| — | 8 | 72,4 |
| — | 10 | 75 |
| — | 12 | — |

Табл. 3.

| Лампы Одесс. Р.-З. № 1659 № 1302 $E_g = 100$ $E_a = 0$ $A = 23$ см | | |
|--|-------|-----------|
| I_a | I_h | λ |
| 1,5 | 0,8 | 75 |
| 2 | 0,9 | 68 |
| 6 | 1,0 | 63 |
| 7 | 1,05 | 61 |
| 9 | 1,10 | 58,5 |
| 11 | 1,15 | 56 |
| 15 | 1,20 | 51 |

Из таблиц видно, что длина волны увеличивается с увеличением отношения da/dg (табл. 1), увеличивается с увеличением потенциала анода и уменьшается с увеличением потенциала решетки (табл. 2). С увеличением накала длина волны уменьшается (табл. 3). Кроме влияния на длину волны размеров электродов, накала нити и напряжений на длину волны влияет еще длина анодных проводов. При постоянных рабочих условиях внутри лампы длина волны меняется в зависимости от изменения длины анодных проводов таким образом, что с увеличением длины проводов волна увеличивается, с уменьшением—уменьшается. Табл. 4 дает эту зависимость. При изменении длины решеточных проводов меняется только энергия колебаний. Если оставить все условия неизменными, а менять только длину „решеточных проводов“, то энергия колебаний получается тем больше, чем больше анодный ток. Табл. 5 показывает зависимости анодного тока, а следовательно, энергии колебаний от длины решеточных проводов. Из этой таблицы видно, что максимум энергии получается для каждого случая при некоторой определенной длине решеточных проводов, т. е. когда контуры анода и решетки находятся в резонансе. Таким образом, меняя потенциал анода от -5 до $+14$ вольт и потенциал

решетки от 50 до 160 вольт, накал от 0,8 амп. до 1,2 амп. и длину анодных проводов от 10 см до 45 см, пользуясь лампами одного типа, именно Одесского Радио-завода, можно было менять длину волны от 50 см до 85 см. Длина анодных проводов менялась от 10 см до 45 см так как при длине меньшей 10 см и большей 45 см колебания исчезали.

Табл. 4.

| Л. Од Р.-З. № 1659 № 1302 $E_a = 0 \quad E_g = 110$ | | |
|---|-----|-----------|
| A | g | λ |
| 40 | 21 | 72 |
| 35 | — | 69,6 |
| 30 | — | 67,2 |
| 25 | — | 64,5 |
| 20 | — | 62,6 |
| 15 | — | 60,5 |
| 40 | 31 | 72,1 |
| 35 | — | 69,8 |
| 30 | — | 67,2 |
| 25 | — | 64,6 |
| 20 | — | 62,2 |

Табл. 5.

| Л. Од Р.-З. № 1659 № 1302 $E_a = 0 \quad E_g = 110$ | | | |
|---|-----|-----------|------------|
| A | g | λ | Γ_a |
| 30 | 10 | 67,2 | 0,3 |
| — | 15 | — | 2 |
| — | 20 | — | 2,5 |
| — | 25 | — | 8 |
| — | 30 | — | 12 |
| — | 35 | — | 4 |
| — | 40 | — | 1,5 |
| — | 45 | — | 0,3 |
| 20 | 10 | 62,2 | 3 |
| — | 15 | — | 5 |
| — | 20 | — | 5,8 |
| — | 25 | — | 7,5 |
| — | 30 | — | 6,4 |
| — | 35 | — | 4 |
| — | 40 | — | 0,5 |
| — | 45 | — | 0,2 |

При измерении зависимости анодного тока от потенциалов анодов и решеток были получены кривые, изображенные на рис. 4 и 5. Представленные на рис. 4 кривые выражают зависимость между анодным током и потенциалом решеток для пяти различных потенциалов анодов.

- 1 кривая для — 5 в.
2. " " + 10 в.
- 3 " " + 5 в.
- 4 " " + 10 в.
- 5 " " + 15 в.

Пятая кривая имеет уже обычный вид характеристики и ни при каких потенциалах на решетку для нее колебания не получаются. Для кривых 1, 2, 4 и 3 колебания начинают получаться с точек a , b , c , d и дальше при увеличении напряжения на решетку, примерно в пределе от 85 до 160 вольт (дальше увеличивать потенциал решетки не позволял дурной вакуум ламп, так как появлялось свечение). Кривые рис. 4 начерчены для ламп Одесского Радио-завода. Кривые для других ламп имеют такой же характер, но точки a , b , c , d — начала крутого подъема кривых — бывают сдвинуты в ту или другую сторону.

Если проследить за изменением анодного тока в зависимости от потенциала анодов, то получаются кривые, изображенные на рис. 5. Область колебаний для кривых 1, 2, 3 и 4 рис. 5 лежит

от начала кривых потенциала анодов равному нулю и до точек n , m , p , q — начала резкого понижения кривых, где колебания сразу исчезают. Части

этих кривых, обозначенные пунктиром, не могли быть промерены, так как при повышении потенциала анодов в точках m , n , p , q на десятые доли вольта колебания сразу исчезли и потенциал анода возрастал сразу на 2—3,5 вольт. На кривых 5 и 6 область колебаний лежит от потенциала анодов равному нулю до мест, обозначенных пунктиром, в которых колебания, постепенно ослабляясь, пропадают.

Точки m , n , p , q и a , b , c , d могут смещаться на несколько

вольт в ту или другую сторону в зависимости от того, в какую сторону идти по кривой, меняя напряжения анодов и решеток, а также в зависимости от порядка включения накала нити, потенциала анодов и потенциала решеток. Отсюда видно, что точки появления и исчезновения колебаний не вполне устойчивы.

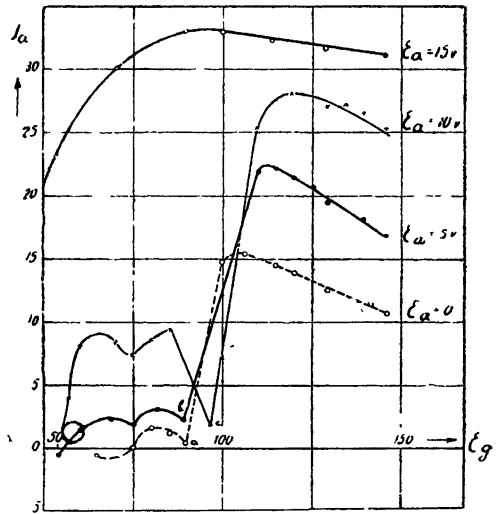


Рис. 4.

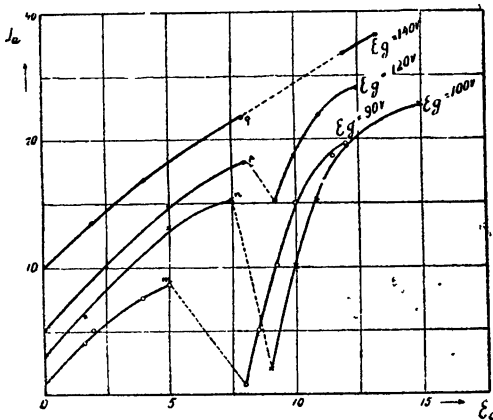


Рис. 5.

Баркгаузеном¹⁾ была дана теория подобного рода колебаний, получаемых с помощью катодных ламп, разработанная более полно Шейбе²⁾. По этой теории длина волны не должна зависеть от размеров анодного и решеточного контуров, а определяется конструкцией лампы и ее режимом.

Так как колебания, получаемые по описанной здесь схеме, показывают зависимость от длины анодных проводов, как это видно из табл. 5 и 6, а с другой стороны весьма вероятно, что длина их должна также определяться режимом лампы, то было интересно сравнить длины волн, полученные измерением, с вычисленными на основании формул Баркгаузена и Шейбе при постоянной длине анодного контура.

В приложенной ниже табл. 6 (графа 3) даны длины волн, вычисленные по формуле Баркгаузена.

$$\lambda = \frac{1000}{\sqrt{Eg}} \cdot \frac{da Eg - dg Ea}{Eg - Ea};$$

в графе 4 длины волн, вычисленные по формуле Шейбе.

$$\lambda = \frac{4cr}{\sqrt{2 \frac{\epsilon}{m} Eg} 10^8} \cdot \left\{ f \sqrt{\ln \frac{r_2}{r_0}} + g \left(\sqrt{\frac{Eg}{Eg - Ea} \ln \frac{r_2}{r_1}} \right) \right\}$$

где r_0 — радиус нити накала.

r_1 — „ решетки.

r_2 — „ анода.

Вид функций $f(x)$ и $g(x)$ следующий:

$$f(x) = xe^{-x^2} \int_0^x e^{u^2} du$$

$$g(x) = xe^{x^2} \int_x^\infty e^{-u^2} du$$

¹⁾ Phys Zeitschrift 1920.

²⁾ Annal. d. Physik 1924. H 1—2.

Т а б л и ц а 6.

| Eg | λ изм. в зависи- мости от длины анодного провода | λ вычисл. Баркгаузен | λ вычисл. Шейбе |
|------|--|---------------------------------|----------------------------|
| 110 | 72—60,5 | 85,8 | 81 |
| 130 | 68—55 | 78,9 | 74,5 |
| 160 | 64—51 | 70,8 | 66,75 |

Величины, данные в графе 2, дают приблизительно крайние значения длины волны, полученные при одном и том же Eg и при различных длинах анодных проводов.

Расхождения измеренных и вычисленных значений показывают, что в данной схеме мы имеем более сложный случай, не укладывающийся в теорию Баркгаузена. На это указывает также и наблюдаемая зависимость возникновения этих волн от состояния вакуума в лампе, что составляет предмет дальнейших исследований.

Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность проф. В. И. Романову за постоянное руководство и средства, предоставляемые им для работы.

Москва.

Вакуум-Технический Отдел

Г. Э. Э. И.