

Дукин 2/11-1922.
„Т. и Т. б. н.“

Ж У Р Н А Л

„ТЕЛЕГРАФИЯ И ТЕЛЕФОНΙΑ БЕЗ ПРОВОДОВ“

ИЗДАНИЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ РАДИОЛАБОРАТОРИИ Н. К. П. и Т.

под редакцией профессора В. К. Лебединского.

ОСНОВАН в 1918 году.

№ 18. МАРТ 1923.

СО Д Е Р Ж А Н И Е.

Колебательный электронный режим внутри триода. Инж. С. И. Зилитинкевича	2
Анализ работы радиоприемника. Проф. А. А. Петровского	23
Высоковольтные выпрямители для радиопередачи. Инж. М. М. Вербицкого	33
Действие контактных детекторов; влияние температуры на генерирующий контакт. О. Лосева.	45
Русские и заграничные усилительные лампы. В. Ф. Власова	62
Электрические лучи. Проф. В. К. Лебединского	70
Механизм искрового разряда. Проф. С. Лифшица	81
Из иностранной литературы: Французские отправительные лампы большой мощности. — О ламповых передатчиках Англии. — Радиотелеграфия (из речи Г. Маркони). — О некоторых новейших мощных триодах. — Управление судном на расстоянии	88
Хроника: „ТиТбп“ № 18. — Краткий отчет деятельности ПОРОРИ за 1920/21 г.г. — Радиоконцерт	94
Некрологи: Ф. О. Гюи, Х. Рубенс, Э. Сольвей, А. Г. Белль, М. Абрагам	98
Из жизни Нижегородской Радиолaborатории: — Торжественное заседание Радиолaborатории. — В лаборатории М. А. Бонч-Бруевича	99
Библиография: Труды III-го Съезда Физиков — В. И. Баженов. Новые брошюры	100
Опечатки.	101
Объявления	102

Колебательный электронный режим внутри триода.

Инж. С. И. Зилитинкевича.

1. Условия исследования.—В конце прошлого 1921 года, интересуясь вопросами, связанными с измерением высоких разрежений методом ионизационного вакууметра, я, при исследовании обычных французских усилительных ламп, встретился с явлением, очень меня заинтересовавшим и послужившим темой настоящей статьи.

Это явление и приводимые ниже характеристики получены при помощи установки, схематически изображенной на черт. 1 (стр. 3). Как видно из чертежа, установка с принципиальной стороны почти не отличается от обычной схемы, применяемой при ионизационном вакууметре, и характеризуется тем, что контрольный электрод (сетка) триода получает положительный потенциал (ускоряющее поле), а анод (цилиндр)—сравнительно небольшой отрицательный потенциал¹⁾.

Характеристики сняты у обычных французских усилительных ламп, которые, для большей рельефности результата, иногда немного перекаливались во время опыта. Одна из ламп была типа *S*, другая типа *Métal*, причем лампа второго типа обладала несколько большим вакуумом, чем лампа типа *S*.

Что касается до принятых везде обозначений, то индекс f означает цепь нити накала, g —сетки, a —анода.

На черт. 1 ясно видно, но ввиду чрезвычайной существенности факта, считаю необходимым особо подчеркнуть, что общей точкой для всех цепей схемы является отрицательный зажим нити накала; следовательно, на всех приводимых дальше характеристиках под нулевым потенциалом подразумевается потенциал именно этого зажима.

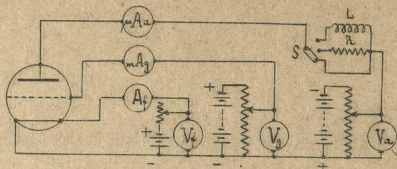
Таким образом, если на аноде потенциал принимается равным нулю, то это значит, что V_a фактически меньше потенциала любой точки нити накала²⁾.

Очевидно, то же относится и к сетке, при $V_g = 0$.

1) Здесь не приходится смущаться бросающимся в глаза противоречием между понятиями „анод“ и „отрицательный потенциал“. Как увидим дальше, цилиндр триода, при исследуемом режиме, вполне играет роль анода в смысле направления тока в цепи.

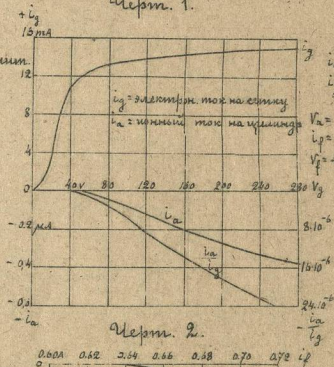
2) Вследствие падения потенциала в соединяющих цилиндр и нить проводниках.

К статье С.И. Зинмичева.



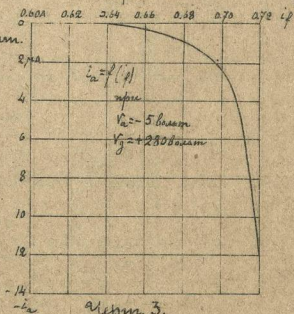
Черт. 1.

Французск. усилит.
лампа: 5-830
N 32.

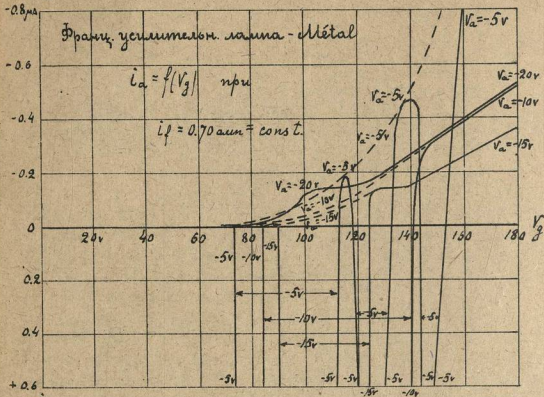


Черт. 2.

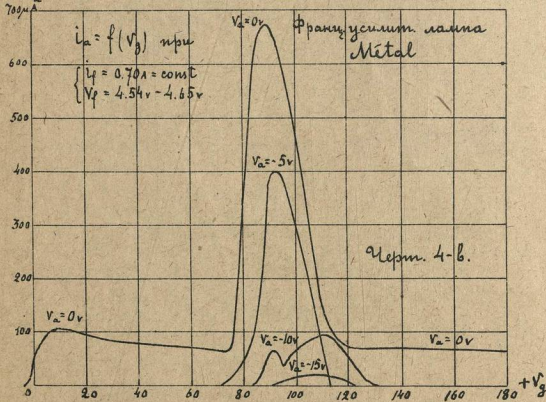
Французск. усилит.
лампа: 5-830
N 32



Черт. 3.

$$-0.8 \mu s$$


2 Lepm. 4-a.



На чертеже показан также переключатель S , назначение которого — вводить, в случае надобности, в цепь цилиндра омическое сопротивление R , или индукционное сопротивление L .

2. Естественный режим работы триода.—Естественные условия работы триода в случае показанной схемы могут быть представлены в следующем виде. Если мы дадим на цилиндр некоторое отрицательное напряжение (напр., —20 вольт, как в случае черт. 2) и будем поддерживать накал нити постоянным ($i_f = 0,67_A$), а на сетку будем давать все возрастающий положительный потенциал, то получим следующий ход явлений.

Электроны, вылетающие из нити под влиянием условий, аналогичных испарению обычных молекул, будут притягиваться к сетке, в цепи которой и возникает созданный ими ток. Этот ток, как известно, изменяется согласно найденному Лэнгмюром „Закону степени $3/2$ “.

$$i = AV^{3/2}.$$

До тех пор, пока нить не раскалена, и электронов в пространстве между электродами нет, мы имеем в триоде сравнительно простую картину двух электростатических полей, направленных навстречу друг к другу (от нити и цилиндра к сетке). Когда же нить начинает испускать электроны, то в пространстве между тремя электродами триода оказывается большое количество отрицательно заряженных движущихся точек („объемный заряд“), которые вносят значительные изменения в прежние электростатические поля, весьма усложняя их.

Однако, при рассмотрении траекторий электронов, необходимо, конечно, принять еще во внимание и те факторы, которые, кроме основного электрического поля и объемного заряда, влияют на их движение. Такими факторами являются — начальная скорость вылета электронов из раскаленной нити, обусловленная температурой нити, и контактная разность потенциалов между нитью и другим электродом (сеткой или цилиндром), зависящая от материала электродов.

Известно, что начальные скорости „термионов“ зависят только от температуры катода и не зависят от материала, из которого он состоит, причем, для отдельных электронов они распределяются вокруг среднего значения по закону Максвелла. При этом индивидуальные скорости электронов имеют те же значения, что и молекул газа, нагретого до температуры катода; хотя средняя скорость электронов при вылете их из раскаленного катода и не велика, и измеряется, даже при очень больших накалах, только долями вольта, отдельные электроны могут достигать уже сравнительно значительных скоростей, выражающихся несколькими вольтами.

Получающийся здесь порядок величин хорошо иллюстрируется

следующей таблицей, составленной для случая температуры катода $2400^{\circ} K$ (т.е. $2127^{\circ} C$)¹⁾. В этих условиях средняя скорость электронов будет 0,31 вольт.

Процентная доля от всех испускаемых катодом электронов	Число вольтзадерживающего поля, против которого еще способны двигаться испу- щенные электроны	Какому току это соответ- ствует при предположении, что полное числоиспуска- емых электронов = $10^{-10} A$
75	0,059	7,5 <i>mA</i> .
25	0,29	2,5 "
10	0,48	1,0 "
1	0,95	100 μA .
0,1	1,42	10 "
0,0001	2,85	0,01 "
0,0000001	4,27	$10^{-11} A$.

Таблица показывает, что при пользовании обычными гальванометрами, чувствительностью $10^{-8} - 10^{-9}$ ампера, можно считать, что в этих условиях электронов, обладающих скоростями выше 3 вольт, практически нет.

Что касается контактного потенциала, то он, конечно, остается постоянным для всех электронов, но, во-первых, он может быть как положительным, так и отрицательным (т.е. как ускорять, так и замедлять электроны), а, во-вторых, он сравнительно не велик. Так что даже при действии обоих факторов в одном направлении, скорости электронов не превосходят нескольких вольт.

Поэтому, хотя траектории электронов в условиях существования об'емного заряда приобретают чрезвычайную сложность, все же, при наличии на цилиндре отрицательного потенциала в 20 вольт, ни один электрон проникнуть в него не может, и начавшаяся на нити траектория полета „испарившегося“ электрона заканчивается на сетке или на самой же нити. В последних условиях мы имеем случай, когда вылетевший электрон вталкивается обратно в нить „облачком электронов“, образовавшим вокруг нее об'емный заряд.

Очевидно, что с ростом напряжения на сетке, число таких, втолкнутых обратно электронов, уменьшается, и ток в цепи сетки возрастает, достигая насыщения, отвечающего известной формуле Ричардсона:

¹⁾ Средняя нормальная температура накала вольфрамовой нити в катодных усилительных лампах.

$$N = A_1 T^{1/2} e^{-\frac{b}{T}}.$$

Именно такую картину мы и видим на черт. 2, где в положительном направлении оси ординат отложены значения электронного тока, идущего на сетку.

Совершенно ясно, что как бы ни было велико разрежение в работающем у нас приборе, в нем еще находится весьма значительное количество газовых молекул¹⁾. И хотя и говорится о „чисто электронном разряде“, но фактически и здесь мы имеем дело со столкновениями электронов с молекулами и расщеплением последних на положительные ионы и электроны. Правда, при чисто электронном разряде процент вторичных электронов совершенно ничтожен по сравнению с первичным электронным потоком и не оказывает практического влияния на обычный рабочий режим триода. Однако, образование положительных ионов имеет место во всех случаях работы триода, и в условиях нашей схемы оно и обнаруживается тем ионным током, который возникает в цепи цилиндра при достаточном возрастании потенциала на сетке (черт. 2).

Здесь необходимо отметить, что на цилиндр попадают только те ионы, которые образуются от столкновения электронов с молекулами в пространстве между сеткой и цилиндром. (Этим, вероятно, и объясняется сравнительно позднее появление тока i_a на черт. 2). Ионы же, образовавшиеся между сеткой и нитью, притягиваются последней, и удары их о нить, благодаря их значительным массам, вызывают дополнительное ее нагревание. Из черт. 2 видно, что ионный ток на цилиндр, даже в случае более „мягкой“ из исследуемых ламп представляет собой только тысячные доли процента основного электронного тока²⁾.

Ионный ток так же, как и электронный, растет с увеличением ускоряющего поля сетки (черт. 2) и ростом числа первичных электронов, т.е. с накалом нити (черт. 3). Более сложно он зависит от потенциала анода (черт. 4-а стр. 4). По величине этого тока, или точнее по его отношению к электронному току на сетку (черт. 2), как

1) В настоящее время в особенно ответственных пустотных аппаратах достигается устойчивое разрежение до $7,5 \cdot 10^{-8}$ миллиметра ртутного столба, т.е. давление газа в приборе в 10 миллиардов раз меньше атмосферного. Однако, даже в таком „идеальном вакууме“ еще остается в каждом кубическом сантиметре около 2.700.000.000 молекул, что приблизительно в полтора раза превосходит население всего земного шара.

2) Как на черт. 2, так и на всех дальнейших чертежах, ионный ток обозначен знаком „—“. Это вызвано тем, что везде имелся в виду, в качестве числителя в формуле Ома, отрицательный потенциал цилиндра. Так как здесь $r > 0$, то имеем:
 $r_{-i_a} = -V_a / r.$

это ясно вытекает из вышесказанного, можно судить о величине вакуума в приборе (на этом и основан метод „ионизационного вакуо-метра“).

3. Особенный режим работы триода. В высшей степени резкое нарушение описанного процесса наблюдается при возникновении некоторых специальных взаимоотношений в триоде.

Если потенциал анода будет отрицательным, но не чрезмерно большим¹⁾, то при определенных для каждого заданного V_a соотношениях между накалом нити (i_f) и полем сетки (V_g) ток анода резко меняет свой знак и достигает колоссальной по сравнению с предыдущим величины. Следовательно, ионный ток переходит в электронный, при чем электронный ток в тысячи раз превосходит по величине получающийся при аналогичных условиях²⁾ ионный ток.

Картины происходящих здесь явлений приведены на чертежах 4-а, 4-б, 5, 6 и 7 (стр. 4 и 9). Чертежи 4-а и 4-б представляют собою одну и ту же зависимость, начерченную лишь в различных масштабах, что вызвано желанием показать как электронный, так и ионный ток цилиндра. На остальных чертежах масштаб взят соответствующим электронному току, так что совершенно ничтожный по сравнению с ним ионный ток на них, конечно, не мог быть отмечен. На черт. 6, кроме токов в цепи цилиндра, нанесен ток в цепи сетки, изменяющийся, как уже было сказано выше, согласно лэнгмюровскому закону.

Первое, что особенно бросается в глаза при рассмотрении приведенных чертежей, это—типичный „резонансный“ вид полученных характеристик, имеющих особенно остроконечную форму для кривых $i_a = f(i_f)$ (чертежи 6 и 7).

Из черт. 6 ясно вытекает, что отношение электронного тока цилиндра к электронному току сетки, по знаку, по форме и по численному значению, резко отличается от показанного на черт. 2 отношения ионного тока. Прежде всего, отношение i_a / i_g имеет знак „+“. По своей форме оно очень похоже на самую характеристику тока i_a , так как в пределах всего резкого изменения силы тока i_a , значение i_g меняется очень мало. Численно же i_a / i_g в момент максимума i_a достигает значений нескольких процентов, т.-е. это отношение в тысячи раз превосходит соответствующее отношение для ионного тока.

При точном учитывании величины электронного тока i_a необходимо, конечно, помнить, что и в этих условиях расщепление газовых молекул продолжает иметь место, так что цилиндр получает одновременно два тока: 1) поток ионов, так сказать наследованный от преды-

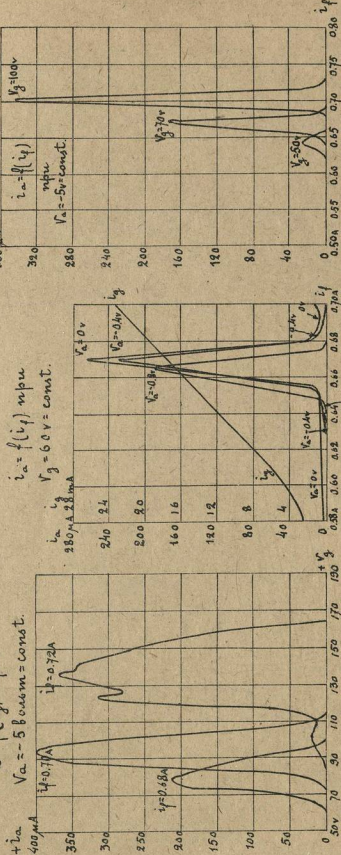
¹⁾ Для французских ламп, испытанных мною, V_a не должно превышать—20 вольт.

²⁾ Т.-е. при тех же V_a и i_f , но другом V_g , или тех же V_g и i_f , но другом V_a .

Кемансе С.А. Зууминкебура.

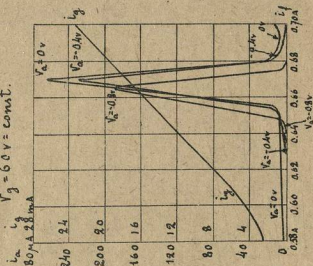
Фармызылган утумнерона санна Метал

$i_a = f(V_g)$ нпу
 $V_a = -50 \text{ в} = \text{const.}$

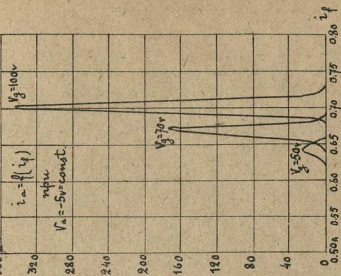


Алпм. 5.

$i_a = f(i_g)$ нпу
 $V_g = 60 \text{ в} = \text{const.}$



Алпм. 6.



Алпм. 7.

Катодное С.У. Звукотрубки.

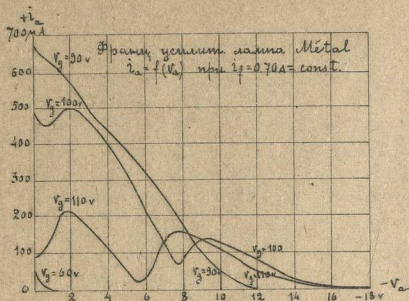


рис. 8.

Формы звуковых сигналов
Метал

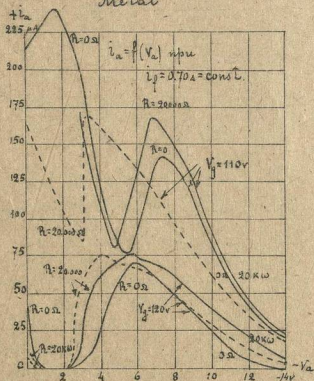


рис. 9.

лучшего режима; и 2) поток электронов, накладывающийся на существующий ионный ток.

Таким образом, результирующий ток, проходящий в цепи цилиндра и регистрируемый гальванометром μA_a (черт. 1), является разностью обоих токов¹⁾. Но ввиду совершенно ничтожной величины ионного тока, такая поправка оказалась бы за пределами чувствительности приборов.

Иллюстрацией этого могут служить чертежи 4-а и 4-б. Здесь, на черт. 4-а (случай $V_a = -5$ в; -10 в; -15 в) ионный ток резко обрывается и переходит в электронный, а затем снова возникает, являясь по величине как бы естественным продолжением прерванного. Последнее дает основание с большим вероятием считать величину ионного тока в этом интервале соответствующей пунктирным отрезкам, показанным на чертеже. Тогда, для случая $V_a = -10$ вольт, будем иметь при $V_g = 115$ вольт (максимум электронного тока): ионный ток $\cong 0,09 \mu A$, электронный $\cong 95,0 \mu A$, и их отношение будет

$$\frac{0,90}{95} = 0,00095 = 0,095\% \cong 0,1\%.$$

Приведенные чертежи вполне характеризуют условия, необходимые для возникновения и для достижения максимума электронным током цилиндра. Электронный ток возникает тем при больших величинах V_g и i_f , чем значительнее отрицательный потенциал анода (черт. 4-а и 6).

Изменение потенциала анода вызывает смещение максимума тока, сильно сказываясь на его величине и форме получаемой характеристики.

С ростом отрицательного значения потенциала, максимум падает, и при достижении им достаточно большой величины (-20 вольт на черт. 4-а) электронный ток совершенно не появляется в цепи цилиндра.

Одновременно с уменьшением максимума происходит и деформирование кривой тока, и она теряет свой чистый резонансный вид (черт. 4-б).

¹⁾ Высказанное положение существенно важно, как устанавливающее тот взгляд на описываемые явления, при котором получение электронами ионизирующих потенциалов (для имеющихся внутри триода газов) не только не может объяснить исследуемого явления, но по своему влиянию должно, очевидно, вызвать как раз обратный эффект.

Из дальнейшего, впрочем, будет ясно, что ионизирующие потенциалы здесь вообще не при чем, так как описываемые явления возникают при любых значениях потенциалов анода и сетки.

Чертежи 5 и 7 показывают, что увеличение накала нити передвигает момент возникновения тока и достижения им максимума в область более значительных напряжений на сетке триода; и наоборот, уменьшение напряжения ускоряющего поля требует ослабления накала нити для тех же целей. Это говорит о том, что для возникновения электронного тока в цепи с отрицательным потенциалом на цилиндре и для достижения им максимума необходимо совершенно определенное соотношение между скоростями электронов и их числом.

Весьма своеобразную картину представляют и характеристики типа $i_a = f(V_a)$, показанные на черт. 8 и 9 (стр. 10). При этом кривые черт. 8 получены при отсутствии дополнительного сопротивления в цепи анода, а пунктирные кривые черт. 9 получены при введении в цепь цилиндра дополнительного сопротивления в 20.000 Ω ¹⁾. Весьма знаменательно, что введение в цепь анода произвольно большой самоиндукции L , согласно черт. 1 (т.-е. после гальванометра μA_a), совершенно не оказывало влияния на ток i_a .

Описанные явления представляют собою весьма необычную с физической стороны картину. В самом деле, нормальный режим работы триода, когда ток идет от большого потенциала к меньшему, внезапно нарушается—или благодаря небольшому изменению напряжения на сетке, т.-е. от сравнительно ничтожного в процентном отношении изменения скорости первичных электронов (чертежи 4 и 5), или благодаря изменению накала нити, т.-е. от перемены числа вылетающих из катода электронов (чертежи 6 и 7); в результате создается режим, при котором в цепи анода *ток идет в направлении противоположном нормальному, т.-е. от низшего потенциала к высшему.*

Однако, несмотря на полную парадоксальность этого явления, имеют место и все, вытекающие из него следствия. А именно, ввиду того, что ток и напряжение взаимно обратны по знаку, работающий при этом режиме триод является отрицательным сопротивлением по отношению к обычной омовской цепи. Проходящий по внешней цепи ток вызывает не падение, а рост разности потенциалов между нитью и цилиндром триода. Последнее ясно из следующих простых соотношений.

Если мы обозначим внешнее сопротивление анодной цепи через r , анодный ток в цепи через $+i_a$ и положительную разность потенциалов между цилиндром и нитью через $-V_a$, то результирующий потенциал анода будет

$$(-V_a) - (+i_a)r = -(V_a + i_a r);$$

¹⁾ Сопротивление R на черт. 1.

т.-е., при наличии тока в цепи, потенциал анода численно возрастает на величину $|i_a r|$ вольт.

Как необходимый, вытекающий отсюда результат, следует, что в случае применения схемы черт. 1 и введения в цепь цилиндра дополнительного сопротивления $R = 20.000 \Omega$, напряжение на цилиндре не соответствует показаниям вольтметра V_a , а должно быть пересчитано по формуле:

$$\text{Действительное напряжение на аноде} = -(V_a + i_a \cdot 20.000).$$

Это и сделано на черт. 9 (стр. 10), где полученные опытным путем пунктирные характеристики $i_a = f(V_a)$, при $R = 20.000 \Omega$, для $V_g = 100$ вольт и $V_a = 120$ вольт, пересчитаны на „действительное напряжение на аноде“ и вычерчены сплошной чертой. Как видно из чертежа, характер получившихся при этом кривых и их сопоставление с характеристиками, снятыми при $R = 0$, вполне подтверждают законность и необходимость сделанного пересчета.

Приведенные кривые иллюстрируют и другое заключение, что по отношению к внешней цепи триод в этих условиях играет роль отрицательного сопротивления, т.-е. введение его последовательно с обычным положительным сопротивлением вызывает уменьшение результирующего сопротивления, а значит увеличение тока в цепи; и аналогично—введение обычного „положительного“ сопротивления в цепь анода вызывает уменьшение результирующего сопротивления и рост анодного тока.

Это мы и видим на черт. 9, где на весьма значительных участках характеристик (особенно для случая $V_g = 120$ вольт) анодный ток при $R = 20.000$ омов больше, чем при $R = 0$.

4. Экспериментально-теоретические обоснования особенного режима работы триода.—Рассмотрение характеристик, приведенных на чертежах 4—9, вызывает недоумение двоякого рода. Во-первых, непонятен самый факт достижения электронами отрицательно заряженного анода, а, во-вторых, требует объяснения и „резонансный“ характер получающихся кривых. При этом учитывание обычных факторов статических характеристик оказывается совершенно недостаточным для объяснения этих явлений.

Ведь в данном случае часть вылетевших из катода электронов, получивших благодаря действию поля сетки скорости равные (или меньшие) V_g вольт, оказывается способной проделать путь, соответствующий $|V_g| + |V_a|$ вольт. Это значит, что у части электронов (изменяющейся даже несколькими процентами) обнаруживается какая-то дополнительная живая сила, дающая им возможность прорваться через целый ряд противодействующих эквипотенциальных поверхностей, совершить таким образом значительную работу и попасть на отталкивающий их цилиндр триода. Откуда же электроны получают эту доба-

вочную скорость, возникающую, к тому же, только при определенных соотношениях между V_a , i_f и V_g ?

Из того, что уже было сказано о начальной (тепловой) скорости вылета электронов из катода и о значении контактной разности потенциалов (см. стр. 5 и 6) ясно, что эти факторы, в своем простом, непосредственном воздействии, не могут быть причиной описанного явления.

Они, вероятно, оказывают влияние на момент возникновения электронного тока в анодной цепи и достижения им максимума, так как и от них зависят скорости электронов; влияют они и на численную величину явления, которая, как уже указывалось, весьма сильно зависит от значения V_a ; но факт существования небольшого количества электронов с добавочными скоростями в 3—4 вольт — максимум — совершенно не может объяснить значительных токов, получающихся при $V_a = -10, -15$ вольт и больше (чертежи 4—б, 5 и 7).

Не может он объяснить даже характеристик, показанных на черт. 6 и полученных при $V_a = 0$ вольт, — 0,4 вольта и т. д., в виду особенностей их формы и необходимости строго определенных соотношений между напряжениями и накалом катода для их возникновения.

Что же касается вторичных электронов, создаваемых бомбардировкой сетки первичными (так называемых „ δ — лучей Дж. Дж. Томсона“) ¹⁾, то, несмотря на то, что в данных условиях они возникают в значительном количестве, попасть на цилиндр (как и на нить накала) ни один из них, конечно, не может, в виду противодействия электрического поля в несколько десятков вольт.

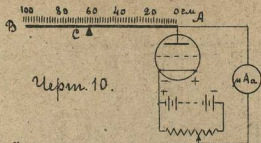
Все это с полной необходимостью приводит нас к заключению, что в данном случае мы имеем чрезвычайно своеобразный динамический процесс внутри триода.

И действительно, здесь мы имеем чрезвычайно быстрые колебания порядка многих сотен миллионов периодов в секунду, сопровождающиеся установлением стоячих волн в примыкающих к аноду и сетке проводах. Последнее и дает возможность обнаружить и исследовать данный режим.

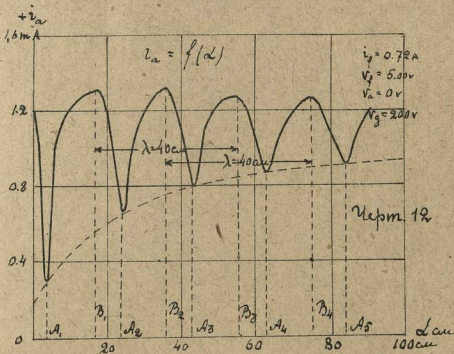
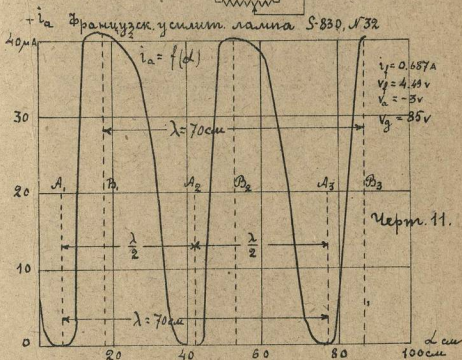
Для этой цели мною была применена схема, сокращенно показанная на черт. 10 (стр. 15) ²⁾ и все отличие которой от схемы черт. 1 состояло в приключении к аноду прямого провода АВ, вдоль которого перемещался подвижной контакт С. Расстояние контакта С от точки А отсчитывалось по деревянной линейке, расположенной под проводом АВ. Назначение подвижного контакта заключалось в его емкостном

¹⁾ С. И. Зипятинкевич. Исследование характ. и парам. триода. — „Титбл“ № 10, май 1921 г., стр. 482.

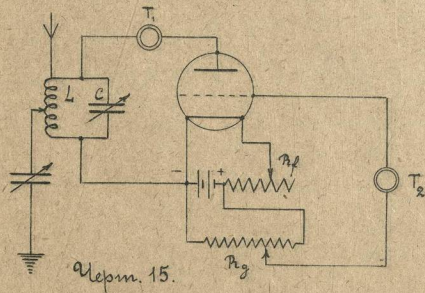
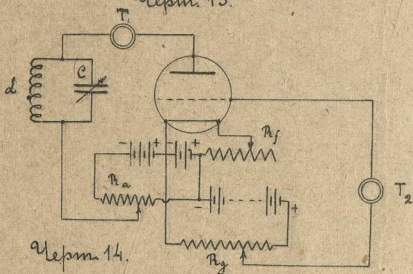
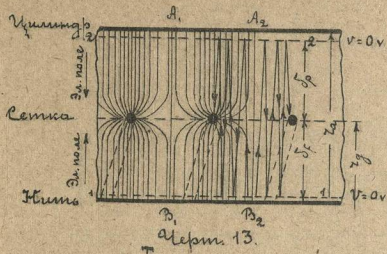
²⁾ На черт. 10 не показаны цепи — сетки и нити накала, которые остаются теми же, что и на черт. 1.



Черт. 10.



К статье С. И. Зининкина.



воздействии на любую точку провода AB , создаваемом простым его присоединением к этой точке. Повторяю, что и подвижной контакт, и другой конец провода оставались ни к чему не присоединенными. При таких условиях перемещение контакта вдоль провода оказывало в высшей степени резкое влияние на силу тока, протекавшего в анодной цепи. Получающиеся при этом зависимости видны на чертежах 11 и 12 (стр. 15), где по оси абсцисс отложены положения контакта, отсчитываемые от точки A , а по оси ординат значения анодного тока, регистрируемые гальванометром μA_c .

Приводимые характеристики говорят о следующих зависимостях. В тех случаях, когда колебательный режим внутри триода, вообще говоря, слаб, и число долетающих на цилиндр электронов не велико (черт. 11), передвижение контакта по проводу вызывает изменение анодного тока от максимума до нуля. Когда же колебательный режим весьма устойчив, и число электронов попадающих на анод велико, то даже неблагоприятное положение подвижного контакта не может совершенно убить колебаний, а лишь вызывает их ослабление (черт. 12).

Удаление контакта от точки A сопровождается уменьшением его влияния на величину тока i_a , причем ослабление этого влияния происходит по закономерной параболической кривой (черт. 12).

На обоих приведенных чертежах ясно виден чрезвычайно точно выполняющийся периодический закон в чередовании максимумов и минимумов тока i_a , расстояния между которыми повторяются с исключительной регулярностью.

Воздействие контакта на провод AB имеет, как указывалось, емкостный характер. Это подтверждается с одной стороны тем, что с заменой металлического контакта изоляторным эффект исчезает, с другой стороны, тот же эффект, только в несколько ослабленном виде, может быть получен простым передвижением вдоль провода AB (на небольшом расстоянии от него) какого-либо проводника (напр., руки). В последнем случае интенсивность эффекта уменьшается не только благодаря ослаблению емкостного воздействия, но и благодаря ухудшению его концентрированности относительно отдельных точек нити по сравнению с воздействием подвижного контактного ножа.

Здесь обнаруживается новая чрезвычайно интересная черта этого режима: необыкновенно тесная зависимость между возможностью существования и интенсивностью колебательного внутритриодного процесса с одной стороны и удобством возникновения стоячих волн во внешних проводах с другой. Даже чрезвычайно небольшие изменения длины отрезка AC вызывают огромные изменения в токе, проходящем в анодной цепи, который, казалось бы, должен был так мало зависеть от постороннего для него провода AB .

Несомненно, наличием именно этой тесной зависимости и объясняется

острый „резонансный“ вид характеристик чертежей 4–7. Только при приближении к совпадению между частотой колебательного процесса внутри триода и теми условиями отражения, при которых оказывается возможным установление во внешних проводах стоячих волн соответствующей длины, и возникает исследуемый процесс, быстро возрастающий до максимума при приближении этих условий к резонансному совпадению.

Следовательно, мы будем иметь максимум тока в анодной цепи всякий раз, когда подвижной контакт окажется в узле напряжения на проводе AB (точки $B_1, B_2, B_3, \dots$ на чертежах 11 и 12), и минимум тока в случае его передвижения в пучность (точки $A_1, A_2, A_3, \dots$ на тех же чертежах). Таким образом, приведенные характеристики могут служить весьма простым методом измерения частоты внутритриодных колебаний, так как расстояние между двумя соседними максимумами или минимумами дает нам половину длины стоячей волны.

Так, в случае черт. 11, мы получаем $\lambda = 70$ см, что соответствует приблизительно 430 миллионам периодов в секунду. Аналогично, для черт. 12 имеем $\lambda = 40$ см, что соответствует 0,75 миллиарда периодов в секунду.

При помощи указанного метода определения длин волн, легко установить следующую зависимость частоты возникающих колебаний от числа первичных электронов и их скорости. А именно, во всех случаях мы получаем увеличение частоты колебаний (следовательно уменьшение длины стоячих волн) с ростом накала катода и с увеличением численных значений напряжений сетки и анода. Иллюстрациями этого закона могут служить чертежи 11 и 12 (стр. 16), где увеличение i_f и V_g , вопреки влиянию уменьшения $|V_a|$, значительно (почти вдвое) уменьшает длину стоячих волн.

Таким образом, во всех случаях чертежей 4–7 мы для любой резонансной характеристики имеем не одну частоту колебательного процесса, а последовательную серию частот, изменяющихся при передвижении вдоль оси абсцисс в сторону уменьшения длин волн. Момент достижения током максимума, как уже указывалось, отвечает условиям резонансного совпадения между длинами проводов, на которых устанавливаются стоячие волны, и частотой внутритриодных колебаний.

Как подтверждение правильности высказанного представления о характере влияния на стоячие волны в проводнике AB подвижного контакта C , может служить следующий опыт. Если мы поместим на проводе AB не один, а два контакта (C_1 и A_2), причем контакт C_1 будет ближе к концу A , а контакт C_2 к концу B , то получим следующие результаты. При установке контакта C_1 в месте, отвечающем, по высказанному представлению, пучности напряжения (точки A_1, A_2 и т. д. на черт. 11 и 12), анодный ток падает до минимума, и передви-

жение второго контакта (C_2) не оказывает на него никакого действия. Если же контакт C_1 поместить в узле напряжения (напр., B_1), то передвижение контакта C_2 будет изменять ток совершенно так же, как если бы контакт C_1 просто отсутствовал. Т.е. в этом случае мы получим такие же кривые, какие приведены на черт. 11 и 12.

То же имеет место и при присоединении одновременно 2 проводников, аналогичных AB , с одним контактом, аналогичным C , на каждом.

Такой результат подтверждает правильность нашего основного предположения о распределении пучностей и узлов стоячих волн на проводе AB и вытекающее отсюда определение длины волны λ . Кроме того, он дает нам объяснение отсутствия влияния на анодный ток самоиндукции L (черт. 1), о чем уже говорилось на стр. 12. Дело в том, что в условиях черт. 1, местом главного отражения стоячих волн является гальванометр μA_a , дальше которого если и происходит их распространение, то лишь в весьма слабой степени. Поэтому, введение самоиндукции L после гальванометра и не должно было оказать влияния на анодный ток. Другой результат получается, если катушку L вводить до гальванометра. В этом случае, мы очевидно придадим ей совершенно ту же роль, какую до сих пор играл контакт C , и введение ее на разных (линейных) расстояниях от анода дает нам зависимости совершенно аналогичные представленным на черт. 11 и 12.

Что касается роли омического сопротивления (см. черт. 9 и страницу 12), то за формальным объяснением получающихся зависимостей наличием в этих условиях у триода „отрицательного сопротивления“ тоже скрывается влияние вводимого сопротивления на режим установления во внешней цепи стоячих волн. Очевидно, в определенных случаях введение сопротивления может облегчать их возникновение и улучшать условия их отражения.

В этом отношении любопытные результаты могут дать характеристики типа $i_a = f(R)$, снимаемые при определенных значениях V_a и V_g . По внешнему виду они похожи на кривые черт. 8. При их снятии необходимо только учитывать рост численного значения анодного потенциала с увеличением i_a и R .

До сих пор мы были заняты исключительно явлениями, имеющими место в цепи анода. Естественно должен возникнуть вопрос, что при этом происходит в цепи сетки, как на ней отражается происходящий в триоде колебательный режим. Вполне очевидно, что влиять на ток сетки он должен, так как часть электронов, при других условиях попадающая на сетку, теперь, так сказать, ускользает от нее, устремляясь на анод.

Естественно, конечно, что миллиамперметр $m A_g$ не отметит этого явления при снятии обычных характеристик для тока i_g , так как количество ускользающих от сетки электронов (ток i_a) представляет

в максимуме только весьма немногие проценты основного электронного потока (черт. 6). Однако, не представляет большого труда показать, что и в сетке в этом случае имеют место явления аналогичные анодным, но только, так сказать, с обратным знаком. Действительно, в моменты максимума анодного тока ¹⁾ ток сетки должен падать до минимума, возрастая до максимума в следующий полупериод. Следовательно, и у сетки должны возникать стоячие волны, а присоединенный к сетке проводник с подвижным контактом (аналогично схеме черт. 10) должен оказывать на колебательный внутритриодный режим такое же действие, как и проводник *AB* в случае схемы черт. 10. Все это и наблюдается в действительности.

Представленный выше экспериментальный материал дает возможность притти к целому ряду заключений о внутренней стороне явлений, происходящих в триоде.

Здесь можно идти путем следующих рассуждений. Если бы движение электронов в триоде не осложнялось влиянием объемного заряда (т.-е. их взаимным отталкиванием), то получающиеся траектории были бы чрезвычайно просты, так как движение всех электронов было бы прямолинейным, направленным от нити к сетке. Однако, ввиду взаимного отталкивания электронов, их „теоретические траектории“—силовые линии, принимают гораздо более сложную форму, схематически представленную на черт. 13 (стр. 16), где построения сделаны для случая сечения триода плоскостью, проходящей через нить накала.

Так как цилиндр триода имеет потенциал меньший 0, то от него к сетке тоже идут силовые линии, но в количестве соответственно большем, чем от нити. Оба поля, т.-е. поле нить-сетка и цилиндр-сетка направлены навстречу друг другу. На черт. 13 бросаются в глаза своеобразные „линии раздела“, разграничивающие „сферы влияния“ двух соседних витков сетки ²⁾. Очевидно, попавший сюда электрон не имел бы преимущественного побуждения направиться к тому или другому витку и должен был бы остаться между ними, если бы какая-либо внешняя причина не вытолкнула его отсюда. Так как взаимное отталкивание электронов дает в данном отношении обильный материал, то это соответствует положению большой подвижности этих поверхностей и постоянной изменяемости их формы.

¹⁾ Но и такая картина электронного потока является еще значительным упрощением действительности. При ее построении, прежде

¹⁾ При определенном режиме, т.-е. при определенных и постоянных значениях тока накала и потенциалов сетки и анода.

²⁾ Линии $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ и т. д. В пространственной картине они очевидно, представляют винтовые поверхности с шагом винта, равным шагу сетки триода.

всего, не приняты во внимание те объемные заряды, которые в виде электронных облаков окутывают нить накала и витки сетки. А между тем, несомненно, объемные заряды около сетки, образованные вторичными электронами, играют при исследуемом режиме значительную роль, так как количество вторичных электронов должно быть в этих условиях весьма велико.

Однако самым существенным является влияние инерции электронов, благодаря чему огромное количество их попадает на сетку не сразу, а совершив ряд колебаний, изображенных для двух отдельных электронов в правой части черт. 13.

Выяснение условий этих колебаний в математической форме мы дадим в следующей статье.

5. Практическое использование особенного режима работы триода.

В заключение, естественно возникает вопрос о возможных формах практического использования исследованного режима работы триода. Не задаваясь целью исчерпать эту тему, к чему я еще думаю вернуться в дальнейшем, я здесь хочу лишь в самых кратких чертах указать на те два рода его применения, которые непосредственно вытекают из вышеизложенного.

В этом отношении особый интерес представляет, несомненно, использование лампы для лабораторных целей в качестве весьма простого и дешевого источника токов колоссальной частоты (до миллиарда периодов в секунду при обычных усилительных лампах). Схемой для такого использования является черт. 1. Насколько такой генератор может оказаться полезным и для технических целей, в настоящее время, конечно, судить трудно.

Тот же режим, но на этот раз со стороны постоянного анодного тока, можно применить и для целей детектирования. Общая схема в этом случае представлена на черт. 14 (стр. 16). Замкнутый контур, настраиваемый в резонанс с приходящими колебаниями, помещен в цепи цилиндра. В этом случае, следовательно, используются точки перегиба кривых, нанесенных на черт. 9. Из формы кривых видно, что здесь триод обнаруживает двустороннее детекторное действие. В виду того, что ток в анодной цепи идет за счет высоковольтной батареи сетки и не только не разряжает, а даже заряжает свою батарею, можно думать, что триод в этом случае совсем не будет оказывать затухающего действия на приходящие колебания, улавливаемые контуром. В приведенной схеме телефоны показаны и в цепи цилиндра (T_1), и в цепи сетки (T_2), что сделано ввиду того, что детекторный эффект одинаково хорошо достигается и в том, и в другом случае. Это является новым подтверждением тех заключений, которые были сделаны на странице 19 относительно тока сетки.

Все управление, при пользовании этой схемой для практических

целей, очень просто. Задавшись определенными значениями i_j и V_a , мы должны передвигать контакт реостата R_x до тех пор, пока не получим максимума звука. Практически целесообразным упрощением этой схемы будет удаление из нее дополнительной анодной батареи и непосредственное присоединение анодной цепи к отрицательному зажиму нити накала. В этих условиях, очевидно, триод будет работать при $V_a = 0$, что, в общем случае, только усилит эффект. Еще большим шагом в сторону упрощения будет удаление и специальной батареи сетки (батареи высокого напряжения). Получающаяся в этом случае схема показана на черт. 15, где триод связан непосредственно с приемной радиостанцией. Но и она в свою очередь может быть упрощена устранением потенциометрического реостата и приключением сетки непосредственно к положительному зажиму батареи накала.

Таким образом, данное использование триода для целей детектирования приводит нас к чрезвычайному упрощению всей схемы и исключению из нее такой наиболее дорогой и капризной с точки зрения ухода части, высоковольтной батареи. Но здесь необходимо указать и на слабое место этой (упрощенной) схемы. Для правильного ее функционирования необходим специальный выбор усилительных ламп, дающих хорошие детекторные точки в области низких вольт. Правда, среди французских усилителей их встречается не мало, но самым рациональным, конечно, было бы конструирование специальных триодов, дающих характеристики нужной формы в пределах от 0 до 4 V.

Характеристики черт. 8 показывают возможность использования настоящего режима работы триода при детектировании и для целей ограничения, и даже полного устранения мешающего действия атмосферных разрядов и близлежащих станций. Некоторые результаты, полученные мною в этой области, вполне подтверждают это.

Р. С. Я впервые узнал о работе Баркгаузена и Курца (H. Barkhausen u. K. Kurz. Die kürzesten mit Vacuumröhren herstellbaren Wellen. Phys. Zeitschrift, № 1, 1 Januar 1920) уже тогда, когда моя работа со стороны экспериментальной была вполне закончена, и статья вчерне написана. Хотя названные авторы совсем не уделили внимания именно тому, что составляет основу всей моей работы, т.-е. режиму постоянного тока в анодной цепи, но несомненно, что исследованные мною процессы относятся к тем самым колебаниям, которые наблюдали они.

Как видно из настоящей статьи, примененные мною методы и полученные результаты совершенно индивидуальны и отличны от тех, которые имеют место в статье Баркгаузена и Курца. Во многом отлична и картина физических явлений, предложенная мною для объяснения особенностей исследуемого электронного режима.

Петроград, Лесное. 1-й Петр. Политехнич. Инст.
и Гос. Физико-Технический Институт.

10 июля 1922 г.

Анализ работы радиоприемника.

Проф. А. А. Петровского. П. Ч. РОРИ.

Часть 1-я.

Введение.—1. Насколько мне известно, в литературе до сих пор не появлялось полной теории действия радиоприемников; отдельные статьи, посвященные этому вопросу в научных журналах и руководствах, дают, правда, указания на существенные особенности, как то необходимость настройки и влияние излучения приемной сети, однако по ним читатель не может составить себе полной и ясной картины радиоприема. Кроме того, эти отдельные указания, объединенные в одно целое, нельзя рассматривать, как теорию в точном смысле этого слова, так как в них подчас взаимно переплетаются теоретические основания с практическими данными, добытыми опытом, что ведет к сужению вопроса и маскирует те особенности приемников, которые случайно оказались в стороне от широкой практики.

Как пример, укажу, что при изложении приема обычно предполагается, что резонанс соответствует наибольшему эффекту и в то же время представляет совпадение периода, приносимого волною, с периодом свободных колебаний как сети, так и контура; в действительности это не всегда имеет место и отклонения могут быть значительны.

Занимаясь примерно с 1902 г. исследованием действия радиоприборов, я пришел уже давно к заключению, что объединяющим звеном между ними служит резонанс-трансформатор; рассмотрение радиоприемника с этой точки зрения неоднократно составляло предмет моих лекций, сообщений и статей. Настоящая работа служит к тому, чтобы связать все эти мысли в одно целое и дать читателю картину радиоприема в достаточно законченном виде.

При изложении я буду предполагать, что читатель знаком в общих чертах с теорией резонанс-трансформатора по моим работам:

1) Сложный резонанс в цепях, питаемых переменным током. Известия А. Наук. СПб. 1910 г., стр. 319—344.

2) Работа резонанс-трансформатора. Изв. К. М. Академии, СПб. 1914 г., вып. III, стр. 39—67, или Труды 7-го Вс. Эл. Съезда, 1914 г., вып. IV, стр. 110—122.

2. Обозначения, принятые в настоящей статье, в общем соответствуют системе, установленной М.-Э. Комиссией, а именно:

i сила тока (мгновенная),	ω э. угловая частота,
I " " (амплитуда),	e коэффициент трансформации
v напряжение (мгновенное),	тока,
V " (амплитуда),	ξ коэффициент преобразования
e эд. сила (мгновенная),	тока,
E " " (амплитуда),	ζ комбинированный коэффициент
R сопротивление,	трансформации тока,
L самоиндукция,	φ начальная фаза тока,
C емкость,	ψ " " напряжения,
M взаимная индукция,	χ " " эд. силы,
X реактивное сопротивление,	Δ сдвиг фаз,
Z полное " "	λ длина волны.

Значек 1 показывает, что рассматриваемая величина относится к радиосети (первичная цепь), значек 2 показывает, что она относится к контуру (вторичная цепь). Штрих ' показывает, что она относится к индикатору (детекторная цепь).

Теория действия приемника с простой схемой.

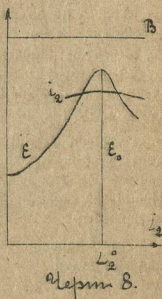
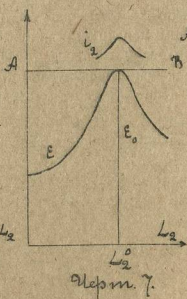
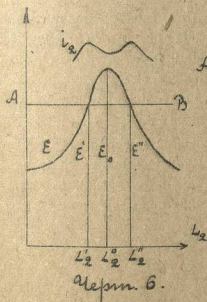
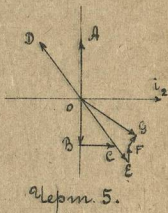
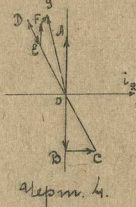
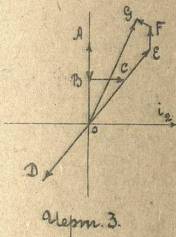
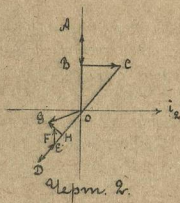
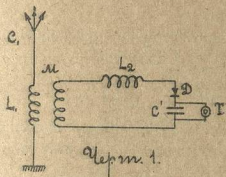
1. Развернутая схема такого приемника представлена на черт. 1 (стр. 25). Она состоит из двух цепей: цепи радиосети и цепи контура. Первая цепь включает в себе емкость сети C_1 , самоиндукцию сети L_1 и сопротивление (главным образом сопротивление излучения) R_1 . Вторая цепь включает в себе: емкость C_2 (она сводится лишь к емкости блокировочного конденсатора C'), самоиндукцию контура L_2 и сопротивление R_2 (главным образом сопротивление детектора R'). Телефон, присоединенный параллельно конденсатору C' , играет роль вольтметра, и, имея весьма большое полное сопротивление, практически не влияет на свойства этой цепи. Обе цепи связаны между собою взаимной индукцией M , причем в цепи радиосети действует эдс e , вызываемая дошедшею до нее эм. волной.

При таких условиях вся схема приемника аналогична схеме резонанс-трансформатора, имеющего емкости как в первичной, так и во вторичной цепях; дф. уравнения, выражающие прохождение токов, будут иметь вид:

$$e = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + V_1 + M \frac{di_2}{dt},$$

$$i_1 = C_1 \frac{dv_1}{dt},$$

К статье А. А. Темповского.



$$0 = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + v_2 + M \frac{di_1}{dt},$$

$$i_2 = C_2 \frac{dv_2}{dt};$$

а их решения могут быть написаны по формулам, выведенным для этих приборов, с принятием во внимание следующих вышеуказанных условий:

а) Сопротивление контура не отличается заметно от сопротивления детектора, т. е. $R_2 = R'$.

е) Емкость контура есть емкость блокировочного конденсатора, т. е. $C_2 = C'$. Поэтому реактивное сопротивление контура будет:

$$X_2 = L_2 \omega - \frac{1}{C' \omega}.$$

2. Работа вышеуказанного приемника может быть представлена в виде векториальной диаграммы черт. 2. Для построения ее поступаем следующим образом: Приняв ось абсцисс за направление вектора вторичного тока i_2 , откладываем по перпендикуляру к ней вверх длину OA , равную $L_2 \omega I_2$ (вектор вторичной самоиндукции); затем от точки A откладываем вниз вектор AB , равный $V_2 = \frac{I_2}{C' \omega}$ (вектор вторичной емкости); из точки B проводим горизонталь BC , равную по длине $R' I_2$ (вектор вторичного сопротивления). Соединив точку C с точкой O , получим вектор CO , представляющий взаимную индукцию, следовательно равный $M \omega I_1$. Продолжив CO за точку O , откладываем от точки O на продолжении длину OD , равную $L_1 \omega I_1$ (вектор первичной самоиндукции), из точки D откладываем по той же линии, но в обратном направлении длину DE , равную $V_1 = \frac{I_1}{C_1 \omega}$ (вектор первичной емкости); из точки E проводим вертикаль EF , равную $M \omega I_2$ (вектор возвратной индукции), затем, строим перпендикулярно OD вектор FG , равный $R_1 I_1$ (вектор первичного сопротивления). Соединив точку G с O , получим вектор OG , замыкающий фигуру, который и изображает приложенную к первичной цепи эл. силу e (следовательно, имеет длину, равную E).

Смотря по тому, каковы величины физических постоянных сети и контура, т. е. R_1 , L_1 , C_1 , M , R' , L_2 , C' , а также — какова угловая частота ω , несомая волною, диаграмма будет иметь различный вид. Наиболее характерными можно считать следующие четыре вида диаграммы:

а) В первичной и во вторичной цепях самоиндукция преобладает над емкостью:

$$L_1 \omega > \frac{1}{C_1 \omega}; L_2 \omega > \frac{1}{C' \omega}.$$

Этот случай и представлен на черт. 2.

б) В первичной цепи преобладает емкость, а во вторичной самоиндукция:

$$L_1 \omega < \frac{1}{C_1 \omega}; L_2 \omega > \frac{1}{C' \omega}.$$

Соответствующая диаграмма представлена на черт. 3.

в) В первичной цепи преобладает самоиндукция, а во вторичной емкость:

$$L_1 \omega > \frac{1}{C_1 \omega}; L_2 \omega < \frac{1}{C' \omega}.$$

Этот случай изображен на черт. 4.

д) Как в первичной, так и во вторичной цепи преобладает емкость:

$$L_1 \omega < \frac{1}{C_1 \omega}; L_2 \omega < \frac{1}{C' \omega}.$$

Этому случаю отвечает диаграмма черт. 5.

3. Рассматривая треугольник OBC и четырехугольник $OEFGO$ какой-либо из вышеприведенных диаграмм, напр., представленной на черт. 2, мы приходим к следующим выводам¹⁾:

Если эдс задана в виде:

$$e = E \sin (\omega t + \gamma),$$

то силы токов и напряжения выразятся формулами:

$$i_1 = I_1 \sin (\omega t + \varphi_1), i_2 = I_2 \sin (\omega t + \varphi_2);$$

$$v_1 = V_1 \sin (\omega t + \psi_1), v_2 = V_2 \sin (\omega t + \psi_2);$$

амплитуды и начальные фазы определяются равенствами:

$$I_1 = \frac{E}{Z}, \varphi_1 = \gamma - \Delta,$$

¹⁾ См. примечание в конце этого параграфа.

$$I_2 = \varepsilon I_1, \quad \varphi_2 = \varphi_1 - \Delta_1 - \frac{\pi}{2},$$

$$V_1 = \frac{I_1}{C_1 \omega}, \quad \psi_1 = \varphi_1 - \frac{\pi}{2} = \chi - \Delta - \frac{\pi}{2},$$

$$V_2 = \frac{I_2}{C_1 \omega}, \quad \psi_2 = \varphi_2 - \frac{\pi}{2} = \chi - \Delta - \Delta_2 - \pi.$$

Величины $Z, \varepsilon, \Delta, \Delta_2$, входящие в них, суть:

а) Полное сопротивление приемника:

$$Z = \sqrt{[R_1 + R_2 \varepsilon^2]^2 + [X_1 - X_2 \varepsilon^2]^2} \sim \sqrt{[R_1 + R' \varepsilon^2]^2 + [X_1 - X_2 \varepsilon^2]^2},$$

где:

$$X_1 = L_1 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}, \quad X_2 = L_2 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}.$$

б) Коэффициент трансформации тока:

$$\varepsilon = \frac{M \omega}{Z_2}, \quad \text{где:}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

в) Сдвиг фаз первичного тока, определяемый равенством:

$$\operatorname{tang} \Delta = \frac{X_1 - X_2 \varepsilon^2}{R_1 + R_2 \varepsilon^2} \sim \frac{X_1 - X_2 \varepsilon^2}{R_1 + R' \varepsilon^2}.$$

г) Сдвиг фаз Δ_2 вторичного (или Δ' детекторного) тока, определяемый равенством:

$$\operatorname{tang} \Delta_2 = \operatorname{tang} \Delta' = \frac{X_2}{R_2} \sim \frac{X_2}{R'}.$$

П р и м е ч а н и е. Действительно, из треугольника OBC следует:

$$\overline{OC}^2 = \overline{OB}^2 + \overline{BC}^2$$

или:

$$M^2 \omega^2 I_1^2 = R'^2 I_2^2 + [L_2 \omega I_2 - \frac{I_2}{C \omega}]^2 = [R'^2 + X_2^2] I_2^2 = Z_2^2 I_2^2,$$

откуда и находим:

$$\varepsilon = \frac{I_2}{I_1} = \frac{M \omega}{Z_2}.$$

Кроме того:

$$\sin \angle OCB = \sin \Delta' = \frac{\overline{OB}}{\overline{OC}} = \frac{X_2}{Z_2},$$

$$\cos \angle OCB = \cos \Delta' = \frac{\overline{BC}}{\overline{OC}} = \frac{R'}{Z_2},$$

$$\tan \angle OCB = \tan \Delta' = \frac{\overline{OB}}{\overline{BC}} = \frac{X_2}{R'}.$$

Далее, продолжив линию GF за точку F до пересечения с $\overline{OD}$ в точке H , разобьем четырехугольник $OEFGO$ на два треугольника, из которых получим:

$$\overline{OG}^2 = \overline{OH}^2 + \overline{GH}^2 = (\overline{OD} - \overline{DE} - \overline{EH})^2 + (\overline{FG} + \overline{FH})^2,$$

или:

$$\begin{aligned} E^2 &= [L_1 \omega I_1 - \frac{I_1}{C_1 \omega} - M \omega I_2 \sin \Delta']^2 + [R_1 I_1 + M \omega I_2 \cos \Delta']^2 = \\ &= \{ [X_1 - X_2 \varepsilon^2]^2 + [R_1 + R' \varepsilon^2]^2 \} I_1^2 = Z^2 I_1^2, \end{aligned}$$

откуда:

$$I_1 = \frac{E}{Z}.$$

Кроме того:

$$\sin \angle OGF = \sin \Delta = \frac{\overline{OH}}{\overline{OG}} = \frac{X_1 - X_2 \varepsilon^2}{Z},$$

$$\cos \angle OGF = \cos \Delta = \frac{\overline{GH}}{\overline{OG}} = \frac{R_1 + R' \varepsilon^2}{Z}.$$

$$\tan \angle OGF = \tan \Delta = \frac{\overline{OH}}{\overline{GH}} = \frac{X_1 - X_2 \varepsilon^2}{R_1 + R' \varepsilon^2}.$$

4. Целью настройки приемника является получение наиболее сильного действия (*maximum maximorum*) при изменении величин:¹⁾ L_1 , C_1 , L_2 и M . Смотря по типу детектора и указателя тока, это сводится к получению наибольшей величины для силы тока в детекторе, т.е. I' или для напряжения на обкладках блокировочного конденсатора V' . Поэтому для полного выяснения работы приемника нужно найти выражения для этих величин и найти условия, при которых получается *maximum maximorum* того и другого.

Исследуем сначала выражение I' .

Так как цепь контура не разветвляется, то имеем равенство $I' = I_2$, а потому:

$$I' = I_2 = \varepsilon I_1 = \frac{\varepsilon E}{\sqrt{[R_1 + R' \varepsilon^2]^2 + [X_1 - X_2 \varepsilon^2]^2}}. \quad (1)$$

а) C_1 и L_1 входят только в X_1 , но не входят в другие величины. Из формулы видно, что при изменении X_1 , каковы бы ни были X_2 и ε , знаменатель делается наименьшим при соблюдении условия:

$$X_1 - X_2 \varepsilon^2 = 0 \quad (2)$$

или

$$X_1 = X_2 \varepsilon^2. \quad (2')$$

Это наименьшее значение всегда может быть достигнуто, т.к. X_1 может изменяться в пределах от нуля до бесконечности. При соблюдении условия (2) выражение для I' примет вид:

$$I'_{\max} = \frac{\varepsilon E}{R_1 + R' \varepsilon^2}. \quad (1')$$

б) Остальные величины: L_2 и M входят только в выражение ε .

¹⁾ Этими четырьмя величинами приходится управлять, настраивая приемник на приходящую волну: изменение C_1 и L_1 составляет настройку радиосети, изменение L_2 настройку контура, а изменение M — подбор связи.

Из формулы (1¹) видно, что при $\varepsilon = 0$, $I' = 0$, а при $\varepsilon = \infty$, также имеем $I' = 0$. Очевидно, что при некотором промежуточном значении ε детекторный ток I' получает наибольшее значение. И действительно, дифференцированием легко найти, что при изменении ε , сила тока $I'_{\max}$ получит максимум при соблюдении условия:

$$R_1 = R' \varepsilon_0^2, \text{ или } \varepsilon_0 = \sqrt{R_1/R'}. \quad (3)$$

Рассмотрим, как в действительности совершается изменение величины ε . На основании предыдущих выводов имеем:

$$\varepsilon = \frac{M\omega}{Z_2} = \frac{M\omega}{\sqrt{R'^2 + X_2^2}} = \frac{M\omega}{\sqrt{R'^2 + (L_2\omega - \frac{1}{C\omega})^2}}.$$

При изменении L_2 величина ε изменяется по кривой вида, представленного на черт. 6, и получает наибольшее значение при некотором значении $L_2 = L_2^0$. Этот максимум тем больше, чем больше M . Он отвечает условию:

$$X_2 = L_2\omega - \frac{1}{C\omega} = 0,$$

или

$$L_2 = \frac{1}{C\omega^2},$$

причем ε выражается формулой: $\varepsilon_0 = \frac{M\omega}{R'}$.

Проведем на черт. 6 прямую AB , параллельную оси абсцисс и отстоящую от нее на расстоянии равном $\sqrt{\frac{R_1}{R'}}$. Эта прямая пересечет кривую ε в двух точках, если $\varepsilon_0 > \sqrt{\frac{R_1}{R'}}$, или коснется в самой вершине кривой, если $\varepsilon_0 = \sqrt{\frac{R_1}{R'}}$, или же совсем не пересечет кривой, пройдя над ее вершиной, если $\varepsilon_0 < \sqrt{\frac{R_1}{R'}}$. Рассмотрим отдельно каждый из трех случаев.

а) В первом случае условие (3) будет удовлетворяться дважды; сила тока $I'_{\max}$ будет иметь два maxima maximum, а именно, при $L_2 = L_2^1$ и при $L_2 = L_2^2$. Эти максимумы одинаковы по величине и равны:

$$I'_{\max} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R'}},$$

а между ними находится минимум равный:

$$I_{\min} = \frac{\varepsilon_0 E}{R_1 + R' \varepsilon_0^2}.$$

Кривые тока, показывающие изменения $I'_{\max}$ при изменении L_2 , представлены для этого случая на том же черт. 6.

β) Во втором случае условие (3) выполняется один раз, а именно при $L_2 = L_2^0$, что соответствует $\varepsilon = \varepsilon_0$, следовательно оба максимума сливаются в один. Этот общий maximum maximorum равен:

$$I'_{\max} = \frac{\varepsilon_0 E}{R_1 + R' \varepsilon_0^2} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R'}} = \frac{E}{2M\omega}.$$

Этот случай представлен на черт. 7.

γ) В третьем случае условие (3) не выполняется, но максимум тока, соответствующий $\varepsilon = \varepsilon_0$, остается, так что имеем, как и во втором случае:

$$I'_{\max} = \frac{\varepsilon_0 E}{R_1 + R' \varepsilon_0^2};$$

однако при этом:

$$\varepsilon_0 = \eta \sqrt{\frac{R_1}{R'}}, \text{ где } \eta < 1,$$

а потому:

$$I'_{\max} = \frac{\eta}{1 + \eta^2} \cdot \frac{E}{\sqrt{R_1 R'}},$$

т.-е. максимум тока имеет меньшую величину, чем в предыдущем случае. Соответствующие графики представлены на черт. 8.

(Продолжение следует).

Высоковольтные выпрямители для радиопередачи.

Инж. М. М. Вербицкого.

Доклад на III-м Съезде РАФ 21 сентября 1922 г.

Многие системы радиопередатчиков требуют для своего питания постоянный ток повышенного напряжения, например, катодные реле Маркони последних типов требуют 10—15 киловольт, катодные реле русского производства (Бонч-Бруевича) 2—3 киловольт и т. д. В противоположность переменному току, легко получаемому любой мощности при любом напряжении, получение постоянного тока повышенного напряжения помощью электрических машин представляет ряд затруднений, и сами генераторы постоянного тока повышенного напряжения — машины мало рациональные и небезопасные.

Широкое распространение получили за последнее время различные типы выпрямителей переменного тока, однофазного или многофазного, которые вообще легко строятся для повышенных напряжений выпрямленного тока.

Не ставя себе задачей дать теорию или полное описание всех существующих, весьма разнообразных, типов выпрямителей, я хочу продемонстрировать два выпрямителя различных типов из числа имеющих в Радиолaborатории.

1. Ртутный выпрямитель (черт. 1. стр. 35) трехфазного тока, проектированный на 15 киловатт при 3,5 киловольтах выпрямленного тока, изготовлен мастерскими Радиолaborатории, по инициативе и под руководством проф. В. П. Вологодина.

Выпрямитель имеет обычное для приборов подобного рода устройство. Кроме трёх главных анодов, расположенных в сравнительно длинных отростках, соответственно напряжению, имеются 2 вспомогательных анода для независимого возбуждения (все аноды железные), главный ртутный катод и вспомогательный ртутный анод для зажигания (пуска). Назначение вспомогательного ртутного анода — образовать кратер на ртути катода, без чего невозможна работа выпрямителя. Для пуска выпрямителя дается небольшое напряжение на пусковой ртутный анод; выпрямитель покачивают, так чтобы ртуть в главном катоде и вспомогательном аноде соприкоснулась, чем замыкается цепь; затем

баллон снова приводят в нормальное положение, цепь прерывается; в момент разрыва появляется вольтова дуга—ртутный катод „активируется“; дуга перескакивает на железные аноды, и выпрямитель приходит в действие.

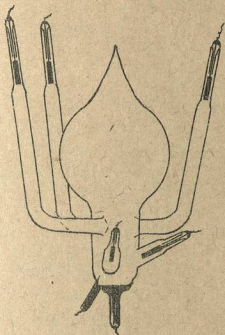
Вспомогательные железные аноды, так называемое независимое возбуждение, имеют целью сделать работу выпрямителя независимой от колебаний нагрузки или даже полного разрыва цепи выпрямленного тока. Дело в том, что кратер на ртутном катоде поддерживается за счет теплоты, выделяемой самим выпрямляемым током, и может существовать лишь при ампераже не ниже некоторого определенного предела, например, около 2 А для данного экземпляра выпрямителя; при меньшей нагрузке кратер гаснет, и выпрямитель перестает работать. С другой стороны, как известно, дуге прекратиться лишь на ничтожный промежуток времени, порядка 10^{-4} или даже 10^{-5} сек, чтобы кратер тоже уже погас, и выпрямитель перестал работать. Пара вспомогательных анодов представляет собой как бы небольшой однофазный выпрямитель, вставленный внутрь главного и работающий все время на реостат низким напряжением и амперажем только достаточным для надежного поддержания кратера. Таким образом, при наличии вспомогательных анодов, каков бы ни был режим нагрузки главных, кратеру не дается возможности исчезнуть и выпрямителю выйти из действия.

Весьма существенна для правильной работы выпрямителя величина вакуума, каковой зависит еще и от назначения выпрямителя. Для конденсации выделяющихся в процессе работы выпрямителя паров ртути и поддержания более или менее постоянной величины вакуума служит сам баллон выпрямителя, играющий роль конденсационной камеры; при значительных нагрузках применяется обдувание выпрямителя вентилятором; при малых нагрузках, особенно при работе в холодных помещениях, существенную помощь оказывают те же вспомогательные аноды, поддерживающие своим теплом температуру баллона, а следовательно и упругость наполняющих его ртутных паров.

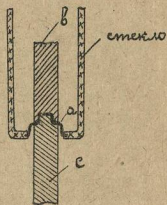
При производстве в наших мастерских выпрямителей пришлось преодолеть несколько трудностей:

- 1) Достижение достаточной надежности впаив электродов в стекло; при первых опытах неоднократно бывали случаи, что впаив текли и срок службы выпрямителя был всего лишь несколько дней, а то и часов. Впай представляют, вообще, слабое место всех конструкций выпрямителей; делают их большей частью из платиновой проволоки или нескольких проволок параллельно, причем, однако, не удавалось устроить ввода больше, чем на 50 А; затем из молибденовой проволоки, что удается для проволок до 5 мм и токов до 200 А (патент американской G. E. Co);

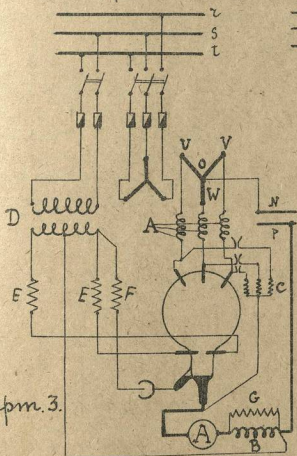
К статье М. М. Вердунского.



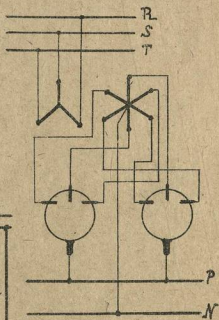
Черт. 1.



Черт. 2.

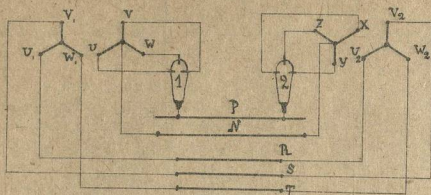


Черт. 3.

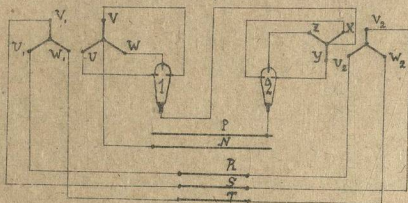


Черт. 4.

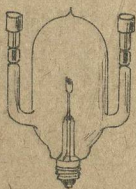
К станок М. М. Персикова.



Черт. 5.

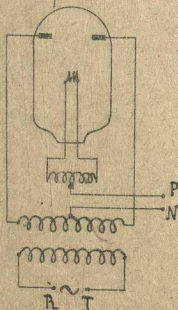


Черт. 6.



Черт. 7.

Черт. 8.



наконец устраивают впайку платинового колпачка *a* (черт. 2, по патенту германской Gleichrichter Gesellschaft m. b. H. Berlin), к основанию которого привариваются с обеих сторон провода *b* и *c*, первый изнутри выпрямителя, второй — снаружи; тонкие края колпачка впиваются в стекло. Эта конструкция, при которой само место впая не несет тока и может быть разгружено механически, позволяет идти до токов порядка 200—300 А. В нашем выпрямителе, соответственно его небольшому амперажу, выводы сделаны из платиновой проволоки диаметром 0,8 мм.

2) Борьба с явлением „обратного зажигания“. Этим термином обозначается возникновение дуги непосредственно между анодами, а не между анодами и ртутью, как должно быть нормально, причем такая дуга между анодами является коротким замыканием фаз питающего выпрямитель тока и часто сопровождается разрушением баллона. Для уменьшения силы тока обратного зажигания служат или дроссели в цепи анодов, или в малых приборах — балластные сопротивления. Явление обратного зажигания возникает, как всякая дуга между металлами, при условии существования раскаленного кратера на катоде, причем в этом случае роль „катода“ переходит к одному из „анодов“ выпрямителя. Образованию кратеров на железных анодах выпрямителей сильно способствует присутствие на них каких-либо посторонних частиц, грязи, особенно металлических окислов, перегрузка выпрямителя или недостаточная поверхность анодов, благодаря чему они накаливаются до таких температур, что уже начинают сами излучать электроны (нагрев анодов до 500—600° при безусловно чистых электродах и нормальном вакууме в этом отношении еще вполне безопасен). Опасно в отношении обратных зажигания также понижение вакуума, связанное с увеличением анодного падения напряжения и сопротивления газового пространства и, следовательно, с увеличением выделения тепла на анодах. Кроме этого, особенно для крупных преобразователей, неблагоприятны длительные перерывы главного тока при работающих вспомогательных анодах; в этом случае пары ртути конденсируются на охладившихся главных анодах и затем на них легко образуются кратеры. Отсюда понятны и меры борьбы с обратными зажиганиями: рациональное конструирование и расположение анодов и изоляция их друг от друга; тщательная обработка и предохранение от загрязнения и особенно окисления в стадии производства.

Как уже указано, обратное зажигание получается особенно легко при недостаточном вакууме, вследствие чего представляется необходимым: 3) Поддержание правильного вакуума.

Кроме уже указанных мер, надежной конструкции впаев, недопускающей течи, рациональных размеров баллона, служащего регулятором вакуума, по мере надобности охлаждения его вентилятором или, наоборот, подогрева током вспомогательных анодов, большую роль играет также надлежащая предварительная обработка анодов и ртути,

при откачке—тщательное удаление с них и со стенок баллона приставших посторонних частиц и газов, что существенно также и в отношении борьбы с обратными зажиганиями.

Ртутный выпрямитель, рассматриваемый, как вольтова дуга, имеет характеристику с „отрицательным наклоном“, т. е. разность потенциалов между анодом и катодом уменьшается с увеличением ампеража. Значительная часть этой разности потенциалов падает на места перехода тока с анода в газовый промежуток и с последнего на катод, и лишь небольшая часть на самый газовый промежуток. Поэтому эта разность потенциалов или, что тоже, падение напряжения в выпрямителе, мало зависит от размеров прибора и нагрузки и выражается цифрами порядка $\Delta E = 15-20$ вольт для небольших и низковольтных типов и $20-30$ вольт для больших и высоковольтных.

Из этого можно вывести соотношение между напряжениями переменного и выпрямленного токов. Кривую напряжения последнего можно приближенно представить, при m фазах переменного тока, в виде m отрезков синусоиды основного периода. Максимумы этой кривой равны амплитуде фазного напряжения — ΔE ; среднее значение, как

легко видеть, равно $\frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\frac{\pi}{m}}$ амплитуды — ΔE . Переходя к цифрам:

для однофазного выпрямителя среднее $E_{\text{выпр. тока}} = 0,637$ амплитуды напряжения между анодом и катодом минус падение напряжения в дросселях, сопротивлениях и самой колбе выпрямителя, или $0,45$ эффективного напряжения на зажимах подводимого тока, минус падения. Для трехфазного тока $E_{\text{выпр. тока}} = 0,827$ амплитуды фазного напряжения или $0,675$ эффективного междуфазного минус падение напряжения в колбе, дросселях и сопротивлениях; для 6-фазного — $1,35$ эффективного напряжения минус падения и т. д. Надо заметить, что эти цифры, выведенные для синусоидальной формы кривой, верны лишь приближенно для реальных соотношений, где кривая обычно значительно отклоняется от чистой синусоиды. Практически получаются весьма удобные соотношения: при стандартизованном последнем времени напряжении трехфазного тока 380 вольт получается 220 В выпрямленного тока; при 220 вольт трехфазного — 120 вольт выпрямленного. Наш выпрямитель, питаемый трехфазным током 6100 вольт, дает напряжение выпрямленного тока до 4000 вольт. Если имеется трехфазный ток такого подходящего напряжения и с доступной нулевой точкой звезды, то выпрямитель может быть непосредственно присоединен к сети, в противном случае — через соответствующий трансформатор. Напряжение выпрямленного тока может регулироваться в малых приборах реостатом (с потерями), или дросселями (без потерь, но с ухудшением коэффициента мощности), в больших — трансформатором с секционированной обмоткой или индукционными регуляторами, в обоих случаях без потерь.

Коэффициент полезного действия *колбы* выпрямителя выражается отношением $E_{\text{выпр. тока}} : (E_{\text{выпр. тока}} + \Delta E)$, где ΔE — указанная выше величина падения напряжения в колбе, порядка 15–20–30 вольт. Таким образом, чем выше вольтаж, тем экономичнее работает выпрямитель. При 30 В: кпд будет лишь порядка 50%, при 110 В он будет порядка 80–82%, при 3–5 киловольтах 98–99% и выше, и притом, что особенно важно, почти независимо от нагрузки. Кроме этого кпд самой колбы, в общем промышленном коэффициенте полезного действия выпрямителя должны быть учтены еще потери от вспомогательных анодов, каковые в выпрямителях подобных размеров имеют порядок 100–200 ватт; потери на вентилятор, порядка 60 ватт, и в трансформаторах, если выпрямитель работает с таковыми. Кпд трансформаторов высок, как вообще присуще приборам этого рода. Общий промышленный кпд установки ртутных выпрямителей на 120 А при 220–260 В выпрямленного тока, с двумя стеклянными колбами, по данным Сименс-Шуккерта (март 1921 г.), составляет при полной нагрузке 85,5%. У нашего выпрямителя ок. 88–90% (благодаря более высокому напряжению). Промышленный кпд выпрямителя на 500 kw 600 В составляет 94,2 до 94,3% при нагрузке 100 до 50% нормальной и 92% при 25% нагрузки (по фирмовым данным), против 92% при полной и 82,5% при $\frac{1}{4}$ нагрузки для аналогичного умформера.

Полное сравнение стоимости эксплуатации ртутных выпрямителей сравнительно с умформерами, произведенное АЕГ еще в начале войны для тогдашних маломощных и мало совершенных выпрямителей, показывает, что для весьма низкой стоимости тока и небольших мощностей при очень низких напряжениях (зарядка батарей) эксплуатационные расходы почти одинаковы, и выпрямитель имеет лишь незначительное преимущество; при нормальных же и более высоких тарифах на ток и увеличении мощности, особенно за счет повышения вольтажа, резко выступают преимущества ртутных выпрямителей. В этом подсчете был предположен срок службы колбы 1200 часов, тогда как в настоящее время обычно дается гарантия на 10000 часов работы колбы. Поэтому в настоящее время, особенно для повышенного напряжения выпрямленного тока, экономические преимущества ртутного выпрямителя представляются совершенно несомненными.

Что же касается другой величины, также существенной для сколько-нибудь значительных установок, работающих переменным током, именно коэффициента мощности, то в этом отношении выпрямитель, использующий только один полупериод питающего тока, уступает машинам. В самом деле, в рабочем процессе выпрямителя из каждой фазы берется только часть, напр., $\frac{1}{m}$; при данной величине J силы выпрямленного тока тепловой амперметр в анодном проводе покажет, как нетрудно видеть, не $J : m$, а $J : \sqrt{m}$ и уже от этого коэффициент мощности окажется $1 : \sqrt{m}$; пульсирующие анодные

и выпрямленный ток проходят анодные и катодную дроссель и трансформаторы; обрыв анодного тока при каждом переходе дуги с одного анода на другой происходит весьма резко и вызывает колебательные процессы, обычно сопровождающие обрыв или включение тока. В результате всего, коэффициент мощности едва достигает 0,7—0,8 при трансформаторах и дросселях, рационально сконструированных и специально подогнанных по размерам к данному выпрямителю; при трансформаторах и дросселях, не специально подогнанных, коэффициент мощности падает еще значительно ниже. Упомянутая установка Сименс-Шуккерта, по их данным, имеет коэффициент мощности при полной нагрузке 0,695¹⁾. У нашей установки с трансформатором и дросселями, лишь более или менее подходящими и взятыми из имевшихся под руками, коэффициент мощности имеет значение ок. 0,5—0,6. В выпрямителях же, использующих оба полупериода питающего тока, (при трехфазном токе и 6 анодах) коэффициент мощности может наоборот, близко подходить к единице; напр., 0,98 на стороне сети у выпрямителя 500 клв 5000/550 вольт²⁾.

Схема включения выпрямителя обычная, черт. 3. Главный трансформатор 210/6100 вольт питается от лабораторной сети трехфазного тока *rst*. От зажимов высокого напряжения *UVW* через анодные дроссели *A* ток идет в аноды баллона; от катода баллона, — через амперметр и дроссель *B* в плюсовой зажим выпрямленного тока *P*. Средняя точка высоковольтной обмотки трансформатора *O* служит в то же время отрицательным зажимом выпрямленного тока *N*. Назначение дроссели *B*, как известно, с одной стороны поддерживать спадающий ток анода перед моментом перехода дуги на другой анод и тем самым препятствовать перерыву тока и погасанию кратера, с другой стороны улучшать форму кривой выпрямленного тока, уменьшая его пульсации. Дроссель *B* шунтируется большим омическим сопротивлением *G*, что имеет целью предохранение от перенапряжений путем предоставления пути для экстратоков. Сопротивления *C*, включенные параллельно колбе выпрямителя через искровые промежутки, служат для защиты ее от перенапряжений, возникающих при обрывах тока. Без этой защиты были случаи пробивания колб. Вспомогательные аноды (независимое возбуждение) питаются от отдельного небольшого трансформатора *D* через сопротивления *E*. От этого же трансформатора *D* питается и пусковой ртутный анод через сопротивление *F*.

Может возникнуть сомнение в применимости выпрямителей именно для целей радиопередачи, особенно телефонной, так как даваемый

¹⁾ Siemens-Zeitschrift. Heft 3, 1921.

²⁾ ETZ. N. 4, S. 108. 1922.

ими выпрямленный ток не является строго постоянным, а пульсирует в некоторых пределах, зависящих от числа фаз питающего выпрямителя тока и величины самоиндукции дросселей. Как и выше, полагая приближенно форму кривой выпрямленного напряжения в виде m отрезков синусоиды основного периода, получим, что при амплитуде выпрямленного напряжения $= 1$, его минимальное значение при числе фаз питающего тока m будет равно $\cos \frac{\pi}{m}$; в частности, 0 для одно-

фазного тока, 0,500 для трехфазного и 0,866 для 6-фазного. При частоте питающего тока f частота пульсации выпрямленного тока будет mf . Таким образом, в нашем случае трехфазного тока, разность между максимумом и минимумом напряжения выпрямленного тока составляет около 60% его среднего значения; при 6-фазном токе она составила бы немного менее 14%. В Радиолaborатории были поставлены предварительные опыты питания лампового радиотелефонного передатчика выпрямителем, аналогичным стоящему здесь, но однофазным, стало быть при нарочито неблагоприятных условиях в отношении формы кривой выпрямленного тока. Оказалось, что в приемнике разговор слышен, конечно, на фоне характерного тона городского тока 50 пер, но последний был не настолько силен, чтобы серьезно затруднить прием речи.

Из приведенных выше цифр вытекает, что для улучшения формы кривой выпрямленного тока представляется „соблазнительным“ переход к 6-фазному току, тем более, что последний легко получается простым трансформированием из обычного 3-фазного. Однако, впайка 6 анодов в стеклянную колбу представляет чрезвычайные стеклодувные трудности, и если большие выпрямители в металлических баках и строятся обычно 6-фазными, то для стеклянных выпрямителей это представляется неосуществимым, по крайней мере, при наших средствах. Поэтому явилась идея работать двумя треханодными колбами, включая их в цепь 6-фазного трансформатора (принципиальная схема черт. 4) или питая двумя независимыми 3-фазными трансформаторами (черт. 5). Кроме этого, так сказать, „параллельного“ включения, возможно работать двумя колбами, соединяя их „последовательно“ (черт. 6). В обеих схемах, черт. 5 и 6, применены обычные трехфазные трансформаторы, но благодаря определенному сочетанию их фазных обмоток, у одного трансформатора концы фазных обмоток UVW присоединены к анодам выпрямителя, а XYZ соединены в нулевую точку звезды, у другого, наоборот, XYZ присоединены к колбе, а UVW образуют нулевую точку, в отношении формы кривой выпрямленного тока и коэффициента мощности, как нетрудно видеть, получается эффект шестифазного тока. Буквами RST обозначены на чертежах борны питающего тока, PN — выпрямленного. Схемы эти были экспериментально проверены в Радиолaborатории и дали удовлетворительные результаты.

Для улучшения формы кривой выпрямленного тока можно при-

бегнуть еще к включению параллельно приемникам или аккумуляторных батарей, или конденсаторов. Первый способ технически применим лишь при низких напряжениях; второй же, при частоте силовых установок — лишь при очень высоких; и то конденсаторная батарея получается несуразно громоздкой. Чтобы облегчить применение конденсаторов, германские фирмы, ставящие выпрямители на своих ламповых передатчиках, питают их током повышенной частоты, порядка 500 пер. В нашем выпрямителе, работающем городским током 50 пер, ни аккумуляторов, ни конденсаторов в схеме не имеется.

2. Неоновый выпрямитель однофазного тока 1 киловатт, 3 киловольт, германского производства (Accumulatoren Fabrik A. G. Berlin, черт. 7) представляет собой выпрямитель с накалимым катодом, который в свою очередь представляет собой техническое осуществление венельтовского принципа, и с баллоном, содержащим благородный газ. Аналогично ртутному выпрямителю, число холодных анодов соответствует числу фаз выпрямляемого тока; но в отличие от ртутного, где кратер поддерживался за счет теплоты самого выпрямляемого тока главных или вспомогательных анодов, здесь катод специально отапливается джоулевым теплом тока вспомогательного источника, для чего вокруг активной массы катода имеется вольфрамовая спиралька, по которой и пропускается отапливающий ток. Вспомогательным источником тока для отопления служит обыкновенно небольшой (15—50 ватт) трансформатор, часто помещаемый внутри патрона, в котором устанавливается баллон, снабженный для этого цоколем с эдисоновской резьбой, подобно обыкновенной лампе накаливания. Рассматриваемый выпрямитель, в противоположность ртутному, не требует специальных анодов возбуждения и может работать при сколь угодно малой или перемежающейся нагрузке без особых вспомогательных приспособлений. Для пуска в ход не надо также качать баллона, а достаточно просто включить ток отопления, а затем анодное напряжение. Не требуется таких размеров баллонов, как у ртутных выпрямителей, так как здесь не происходит конденсации паров. Таким образом, выпрямители этого типа, по сравнению с ртутными, требуют еще меньше места, легче обслуживаются, схема их включения проще, т. к. отпадают аноды независимого возбуждения и пусковой с их трансформаторами и вспомогательными приборами, а также механизм для качания баллона. Опасность обратного зажигания и перенапряжений значительно меньше, чем в ртутных выпрямителях, следует лишь помнить основное правило — не включать анодного напряжения при ненакаленном катоде. Включение дросселей, даже в катоде, без чего ртутный выпрямитель не может обходиться, здесь не обязательно, т. к. во время кратковременных обрывов тока при переходе с одного анода на другой, всегда остается известная остаточная ионизация наполняющего баллон благородного газа. Выпрямитель включается по весьма простой схеме, черт. 8, через трансформатор с двумя вторичными обмотками (или два отдельных трансфор-

матора); одна из обмоток является собственно рабочей, а другая лишь дает ток отопления. Надо заметить, что вводы катода не приходится рассчитывать на сумму токов отопления и выпрямленного, ибо они частично компенсируют друг друга; при больших нагрузках выпрямителя катод накаливается еще и самим выпрямляемым током, температура его поднимается, сопротивление отопительной спирали увеличивается, и ток отопления автоматически падает. Соотношение напряжений, форма кривой выпрямленного тока, коэффициент мощности и коэффициент полезного действия (падение напряжения в колбе здесь около 17 V) в общем таковы же, как и у ртутных выпрямителей. При ряде преимуществ перед ртутным выпрямителем, таковой выпрямитель с накаливаемым катодом значительно уступает ртутному в отношении срока службы. Это понятно, т. к. здесь катодный материал, активная вентельтова масса, при работе распыляется; у ртутного же выпрямителя катодный материал—ртуть все время испаряется, но вновь конденсируется в холодном объеме баллона и каплями стекает обратно. Срок службы газовых выпрямителей с накаливаемым катодом составляет всего едва сотню часов против десятка тысяч ртутного в стеклянном сосуде и около 15 лет в металлическом. Мощность выпрямителей с накаливаемым катодом ограничена тем, что не удалось еще, насколько известно, создать технически пригодной конструкции вентельтовского катода на силу тока больше десятка—другого ампер, при сколь-нибудь приемлемом сроке службы.

Не входя в рассмотрение общего вопроса о пределах применимости того или иного типа выпрямителей и ограничиваясь лишь областью, указанной в заголовке доклада, я хочу указать все же на пределы мощности, достигнутые этого рода приборами. Газовые выпрямители с накаливаемым катодом строятся до мощностей порядка нескольких киловатт при низком и нескольких десятков киловатт при повышенном напряжении, правда и то уже при небольшом сроке службы. Ртутные выпрямители в *стеклянных* баллонах известны на амперажи до 300 А, что при напряжениях порядка киловольта даст мощность уже в сотни киловатт. В литературе описаны установки выпрямителей АЕГ в *железных* корпусах (для целей тяги), с единицами по 2400 киловатт при 1200 вольт¹⁾. И если сами по себе баллоны ртутных выпрямителей, вследствие отрицательного наклона характеристики и не могут работать параллельно, то при включении в аноды надлежащей величины дросселей легко достигается положительный наклон общей характеристики и устойчивая параллельная работа (что подтверждается многочисленными установками разных фирм с чуть не десятками параллельно работающих выпрямителей). Что же касается верхнего предела напряжения, то еще в 1910 году были известны ртутные выпрямители для более, чем

¹⁾ ЕТ Z. Н. 4, S. 109. 1922.

30 киловольт выпрямленного напряжения¹⁾, да и, как показал хотя бы наш опыт, вполне возможна совместная работа выпрямителей, включенных последовательно, и таким образом в настоящее время мощность установок с ртутными выпрямителями можно считать практически неограниченной и, во всяком случае, далеко превосходящей потребности самых крупных современных радиостанций.

Размер же ртутного выпрямителя, годный для питания средней величины радиостанции в десяток или несколько десятков киловатт, представляет удобный компактный прибор, изготавливаемый целиком Российскими средствами, и вполне надежный даже для такой службы, как радио (конечно, при непременном наличии запасных колб), нечувствительный к изменениям частоты или напряжения сети, простой в обращении и всегда готовый к работе, безшумный, занимающий мало места, легко монтируемый без каких-либо фундаментов и земляных работ. Начальная стоимость и эксплуатационные расходы, как уже указано, значительно ниже мотор генераторов или умформеров, особенно при повышенных напряжениях выпрямленного тока. В более крупных установках возможно применять не запасные баллоны, а работать все время под насосом, благодаря чему срок службы колбы делается совершенно неограниченным.

Германские радио-фирмы, учитывая несомненные преимущества выпрямителей, стали уже снабжать свои стандартные типы ламповых передатчиков неоновыми или подобными выпрямителями, питая их повышенной частотой, о чем свидетельствуют дошедшие к нам проспекты фирм. И Нижегородская Радиолaborатория предполагает питать изготавлиющиеся в ее мастерских мощные радиотелефонные передатчики от ртутных выпрямителей своего же изделия, подобных здесь перед нами стоящему.

¹⁾ Arnold, WT. Bd. I. S. 537.

Действие контактных детекторов; влияние температуры на генерирующий контакт.

Олега Лосева.

Введение. — Принцип действия генерирующей точки. — Характеристики; нахождение постоянных. — Действие температуры; характер разряда, которым работает генерирующий детектор. — Влияние термоэлектродвижущих сил незначительно.

Как уже было отмечено проф. В. К. Лебединским в „Титбп“ № 15 стр. 579, действие детектора всё больше склоняются объяснять электронными разрядами, происходящими вследствие большого градиента потенциала в точке контакта.

В настоящей статье приведены соображения и опыты, заставляющие еще меньше сомневаться в правильности подобного объяснения.

Обыкновенно контакт детектора бывает образован металлическим острием и кристаллом. Площадь точки контакта может быть сделана очень незначительной, вследствие чего это место может обладать большим сопротивлением, так что тут может получиться большое падение вольтажа, а благодаря малому расстоянию, между металлическим острием и соседними точками кристалла могут возникнуть очень большие градиенты; поэтому легко могут образоваться параллельно контакту микроскопические вольтовые дуги, или же разряды иного вида¹⁾ (т.е. начаться выход электронов), которыми мы и будем объяснять действие детектора.

Воспользуемся характеристиками генерирующих точек²⁾, где всё это наиболее резко выражено; однако, ясно, что между генерирующими, детектирующими и выпрямительными точками в смысле принципа действия существенной разницы нет; та или иная характеристика будет определяться в зависимости от того, насколько данная точка благоприятна для возникновения того или иного вида разряда — 1) среди точек данного кристалла: на более или менее ребристую часть кристалла мы попали; 2) среди различных кристаллов одного и того же названия сюда прибавится: проводимость толщи; 3) среди кристаллов

¹⁾ В конце это будет выяснено.

²⁾ См. „Генерирующие точки кристаллов“. „Титбп“ № 15, стр. 564.

различного химического состава, ко всему этому прибавится: контактная разность потенциалов, способствующая возникновению разряда в одном направлении и препятствующая в другом¹⁾. По порядку сил токов, при которых работают генерирующий и детектирующий детекторы, тоже особой разницы нет, так например, генерацию можно получать уже при 500 микро-амп.

1. Принцип действия генерирующей точки. На черт. 1 стр. 53 приведена типичная характеристика генерирующей точки. Действие генерирующей точки мы будем представлять себе приблизительно следующим образом. Постепенно увеличиваем силу тока i ; пока падение потенциала в точке контакта не велико, значительного разряда между соседними ребрами кристалла и острием не происходит, и закон Ома имеет место, если не считать незначительных истечений электричества, которые и, отклоняют участок $0i$ кривой от прямой линии; дойдя же до точки i_0 , градиент потенциала делается достаточным для возникновения более значительного разряда, подчиняющегося закону $e = a + \frac{b}{j}$.

Выведем формулу для того участка кривой, где уже возникла дуга. Будем исходить из схемы черт. 2, или, яснее, из схемы черт. 3 (стр. 53); $\frac{a}{j} + \frac{b}{j^2}$ — сопротивление разряда (дуги); r — сопротивление толщи; R — сопротивление, параллельно которому возникла дуга, т.е. точки контакта²⁾; j — сила тока, идущая через дугу; j_1 — ток, идущий через точку контакта (соприкосновения); $i = j + j_1$ — полный ток через весь детектор; E — вольтаж на зажимах детектора и e — разность потенциалов у дуги и сопротивления точки контакта (соединенных параллельно).

Получим:

$$i = j + \frac{e}{R} \dots (1), \text{ или } i = j + \frac{a + \frac{b}{j}}{R}; \quad (2)$$

откуда

$$e = iR - jR \dots (3) \text{ и } j = \frac{iR - a \pm \sqrt{(a - iR)^2 - 4Rb}}{2R}. \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в выражение (3) и прибавляя ir (падение на сопротивлении толщи), окончательно найдем:

$$E = \frac{iR + a \mp \sqrt{(a - iR)^2 - 4Rb}}{2} + ir \quad (5)$$

¹⁾ Весьма вероятно, что благодаря подобному влиянию контактной разности потенциал. в „Титон“ № 14, стр. 376 и получился ряд, несколько напоминающий ряд Вольты.

²⁾ В моих предыдущих статьях под сопротивлением точки контакта подразумевалось общее сопротивление дуги и точки контакта.

Из формул (4) и (5) видно, что при данном i мы получим по два значения для E и j ; кривая, представляемая этими формулами, имеет вид показанный на черт. 4 (сплошная кривая; пунктирная—это характеристика лишь одной дуги, подчиняющаяся закону $e = a + \frac{b}{j}$).

Устойчивый режим дуги¹⁾ возможен лишь при условии, чтобы крутизна отрицательного наклона характеристики всей схемы (детектора) была меньше по абс. вел. положительного сопротивления R (балластного), вставляемого последовательно в цепь постоянного тока. Значит, чем ближе хотим мы подойти (уменьшая i) к точке i_{min} , тем большее балластное сопротивление надо вставить; в точке i_{min} и выше, как нетрудно видеть, устойчивый режим вообще невозможен, т. к. с этого места отрицательное сопротивление дуги будет больше (по абс. вел.) шунтирующего ее сопротивления точки контакта.

Посмотрим, чему будет равно значение тока дуги j_m в тот момент, когда через весь детектор идет ток i_{min} ; это нам пригодится для проверки всех этих выводов разложением снятых с детекторов характеристик и нахождения численного значения сопротивления точки контакта; берем первую производную по j от выражения (2); приравняв ее нулю, получим

$$j_m = \frac{\sqrt{Rb}}{R}; \quad (6)$$

корень с минусом отбрасываем, как неудовлетворяющий физическому смыслу. Подставив это значение j_m в предыдущее выражение, получим для i_{min} :

$$i_{min} = \frac{a + 2\sqrt{Rb}}{R}. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (1) значения i_{min} и j_m , найдем соответствующее им значение для разности потенциалов на дуге с параллельно включенным сопротивлением точки контакта

$$e_m = a + \sqrt{Rb}. \quad (8)$$

Беря отношение $\frac{i_{min}}{j_m}$ и заменяя $\sqrt{Rb}$ через e_m и a , получим окончательно

$$\frac{i_{min}}{j_m} = 2 + \frac{a}{e_m - a}. \quad (9)$$

¹⁾ См. наприм. статью инж. В. К. Виторского, „Техника Связи“ № 2, стр. 56, 1922, а также мои предыд. статьи в „Титон“ № 14 и 15.

Как нетрудно видеть, a есть расстояние от линии сопротивления толщи r до асимптоты (см. черт. 4).

2. Характеристики; нахождение постоянных. На черт. 6 (стр. 53) приведено несколько характеристик, снятых с контакта: + цинкит № 1,—стальная проволока.

Схема, с которой сняты *все* приведенные в этой статье характеристики, показана на черт. 5; вольтметр v через сопротивление 117569 Ω показывал вольтаж на зажимах детектора непосредственно¹⁾; делалась поправка на ток через вольтметр. Во время *снятия* характеристик колебательный контур всегда бывал отключен. A —переключатель направления тока—употреблялся, когда характеристики снимались в обе стороны (см. наприм. черт. 11); при этом во избежание ошибок он переключался (ток во время переключений каждый раз доводился до нуля) после каждого отдельного наблюдения; за время снятия характеристики (в обе стороны) подобных переключений делалось до 20.

Из предыдущего видно, что для того, чтобы подойти возможно ближе к точке i_{min} теоретической кривой, надо иметь в цепи постоянного тока возможно значительное балластное сопротивление. Все приведенные кривые сняты при балластном сопротивлении $\rho = 4500 \Omega$; однако, как видно, далеко не со всеми генерирующими точками удается подойти до отрицательного наклона в -4500Ω (большого отрицательного наклона при данном ρ существовать и не может).

Очевидно хорошие (с большой начальной крутизной отрицательного наклона) точки отличаются от плохих тем, что у первых менее благоприятны условия для возникновения начальных истечений: дуга возникает в точке i_0 почти сразу, резко; у последних же истечения электричества возникают почти с самого начала характеристики²⁾ и *постепенно* переходят в дугу³⁾, т.-е. с увеличением i , у плохих точек мы попадаем на более отдаленную от i_{min} часть теоретической кривой—потому и начальная крутизна отрицательного наклона у них получается меньшая (по абс. вел.); действительно, как показали многочисленные наблюдения, у плохих точек *в среднем* бывает больший ток начала отрицательного наклона i_0 и меньшее пробивное (для дуги) напряжение e_0 .

Как видно из черт. 6, отрицательный наклон некоторых хороших точек начинается даже скачком, из чего следует, что при достаточном ρ с ними можно получить и еще большие по абсолютной величине начальные отрицательные сопротивления. Из равновесия электродвижущих сил следует, что линия скачка и должна иметь

¹⁾ Т.-е. был проградуйрован на вольты с добавочным сопротивлением 117400 ом; сам гальванометр имел сопротивление 169 ом.

²⁾ Вблизи начала координат; не спутаем с началом отрицательного наклона.

³⁾ Из того, что мы считаем за дугу тот процесс, благодаря которому после i_0 кривая не подчиняется закону Ома, следует обязательно, что до i_0 неподчинение закону Ома происходит именно от истечений.

как раз отрицательный наклон, равный по абс. вел. сопротивлению r , причем, при подходе к i_{min} уменьшением i , скачек должен начаться лишь по касательной к кривой, когда дойдем до места, где отрицательный наклон делается настолько велик, что будет равен r по абс. вел.; это и наблюдается на опыте (см. черт. 6—стрелками показаны скачки вперед и назад).

Чтобы было удобнее находить генерирующие точки с большим начальным отрицательным сопротивлением, в колебательный контур, с которым они *отыскивались* (см. черт. 5), вставлялось иногда большое омическое сопротивление (1000 Ω); этим достигалось то, что точки имеющие крутизну отрицательного наклона меньшую $| -1000 | \Omega$ совершенно не могли быть найдены; следовательно была большая вероятность найти хорошую точку; если иметь малое сопротивление в колебательном контуре, колебания получатся также и с худыми точками, только более слабыми¹⁾. Когда надо было иметь возможность находить и плохие точки, сопротивление 1000 Ω из контура выключалось. В колебательном контуре была также сравнительно значительная самоиндукция и малая емкость (см. черт. 5), потому что, как показал опыт, малая самоиндукция и большая емкость в контуре делают неустойчивым режим очень крутых отрицательных наклонов характеристик. (Как уже указано выше, во время *снятия* всех характеристик колебательный контур отключался).

На черт. 7 показано постепенное разложение снятой с детектора характеристики (I) на три; для этого поступаем следующим образом. 1) Находим прямую сопротивления толщи r (II); проводим ее из начала координат приблизительно параллельно концу характеристики (нужно: параллельно асимптоте). Во многих случаях (когда конец характеристики достаточно устойчив—а отчего это зависит, мы выясним в конце) это возможно, т. к. конец кривой не очень загибается вверх и после некоторой точки идет почти прямолинейно²⁾; $tang \alpha$ и будет равен r ; если вычтем из всех точек главной характеристики (I) соответственные вольтажи прямой II, то получим кривую III, показывающую разность потенциалов e на сопротивлении точки контакта с включенной параллельно ему дугой в зависимости от тока i через весь детектор; 2) найдем прямую сопротивления точки контакта; чтобы найти точку, через

1) Раньше (см. „Титбп“ № 15, стр. 568) не наблюдалось точек с наклоном большим $| -900 | \Omega$, т. к. была малая вероятность найти их; лишь представление о дуге, имеющей место при работе в детекторе, заставило попытаться найти точки с еще более крутыми начальными отрицательными наклонами.

2) В „Титбп“ № 14, стр. 378 на черт. 8 он уж слишком загнут вверх, что видимому произошло от незначительного сострясения во время снятия характеристики, т. к. конец характеристики часто бывает неустойчив; и это тем более могло случиться в данной части кривой, т. к. главное внимание при снятии предыдущих характеристик было обращено на отрицательный наклон, который иногда снимался для проверки по 2 раза.

которую надлежит из начала координат провести эту прямую, воспользуемся соотношением (9).

Чем ближе истечения попадают (при возникновении дуги) к точке i_{min} теоретической кривой, т.е. чем отрицательный наклон начинается с большей крутизны у снятой с детектора характеристики (значит чем лучше взятая генерирующая точка), тем с меньшей погрешностью¹⁾ мы можем заменить в соотношении (9) i_{min} через i_0 ; e_m через e_0 и j_m через j_0 ; где i_0 — начальный ток отрицательного наклона снятой характеристики (одинаков конечно для кривых I и III — см. черт. 7); j_0 — ток дуге ему соответствующий; $e_0 = E_0 - i_0 r$ — пробивной вольтаж кривой III (вольтаж соответствующий i_0 и j_0); его с ошибкой не большей 2% (т.к. $i_0 r$ очень мало по сравнению с e_0 для всех снятых характеристик) для простоты можно заменить прямо через E_0 . Значит из выражения

$$\frac{i_{min}}{j_m} = 2 + \frac{a}{e_m - a} \quad (9)$$

получаем приблизительное

$$\frac{i_0}{j_0} = 2 + \frac{a}{E_0 - a}, \quad (10)$$

откуда

$$j_0 = \frac{i_0}{2 + \frac{a}{E_0 - a}};$$

подставив в эту формулу значения величин нашей характеристики (см. черт. 7) получим

$$j_0 = 0,32 i_0.$$

Вычитая из расстояния от точки (i_0 , E_0) до оси ординат $0,32 i_0^2$, получим искомую точку для проведения через нее линии сопротивления точки контакта (IV); 3) если вычтем теперь из всех точек кривой III соответственные значения сил токов выражаемых прямой IV, получим кривую V, подчиняющуюся закону $e = a + \frac{b}{j}$ — это и есть характеристика разряда, которым действует генерирующий детектор.

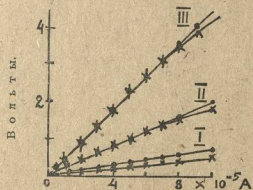
Как видно из того же черт. 7, прямая сопротивления точки контакта (IV) сливается почти как раз с прямолинейной (OA) частью начала характеристики детектора (I) — это вышло не случайно и подтверждает наши выводы, так как мы и предполагали, что вначале (до тех пор пока не возникнет дуга) характеристика генери-

¹⁾ Мы и выбрали поэтому для разложения характеристику хорошей точки.

²⁾ Это расстояние на черт. 7 и 9 разделено для удобства на 10 частей.

рующего детектора и должна идти по линии сопротивления точки контакта R (IV) (включенным последовательно с R сопротивлением толщи r (II) пренебрегаем за его сравнительной малостью) и отклоняться от нее лишь из-за возникающих истечений; т. к. в нашем случае взята характеристика хорошей точки, то мы и могли получить подобный результат, потому что, как уже видели, хорошие точки и отличаются от плохих тем, что у них истечения возникают гораздо позднее (следовательно начало их характеристик и подчиняется приблизительно закону Ома).

Теперь можем представить более наглядно разницу между плохими и хорошими генерирующими точками (см. черт. 8); C — плохая; B — хорошая, истечения у последней попадают как раз в i_{min} теоретической кривой; A — хорошая, но с очень большим скачком.¹⁾ Как нетрудно видеть, погрешность в случае нахождения R по формуле (10) будет не только у плохой точки, но и у точки A^2 , хотя обыкновенно у характеристик хороших точек, как и у той, которую мы выбрали для разложения на черт. 7, скачки и не бывают много больше приблизительно такого, которого уже не получилось бы, если бы ρ (балластное сопротивление) приблизилось к ∞ ; случайно только можно найти точки с очень большими скачками.



Кружками показана положительная ветвь.
Крестиками — отрицательная.

Черт. 10.

Чтобы видеть, насколько действительно подчиняются закону Ома вблизи начала характеристики хороших точек, с них было снято несколько характеристик начиная от токов порядка микро-амп. Начала этих характеристик, снятые в обе стороны, показаны на черт. 10; мы видим, что вначале они идут прямолинейно в обе стороны, причем раньше начинает загибаться от истечений отрицательная ветвь (т. е. минус на цинкит); для контраста приведена кривая I, снятая с выпря-

¹⁾ На черт. 8 сплошная кривая (теоретическая) представляет собою вольтаж на сопротивлении точки контакта со включенной параллельно ему дугой в зависимости от всего тока через детектор, т. е. та же зависимость, что дает кривая III на черт. 7; тонкие кривые со стрелками на концах показывают, как и куда попадают истечения на теоретическую кривую.

²⁾ Как видно из черт. 8, у обоих, главным образом потому, что ϵ_0 не соответствует теоретическому ϵ_m ; заметим кстати ϵ_0 никогда не может быть меньше a . Но у точек с большим скачком истечения возникают конечно еще позднее, значит у них находить прямую сопротивления точки контакта можно просто на основании наклона начала характеристики.

мляющей точки—здесь истечения начинаются гораздо раньше; продолжение характеристики III (чертежа 10-го) показано на черт. 9 в увеличенном виде, чтобы лучше видеть опять, насколько оправдывается формула (10); проведенная на основании наклона *начала характеристики*,¹⁾ прямая сопротивления точки контакта *R* показана пунктиром; полученная же по формуле (10) — сплошной прямой; как видно наклон обоих мало разнится, что можно сказать также и вообще про все снятые с хороших точек характеристики.

На черт. 11 приведено несколько характеристик, снятых в обе стороны²⁾, при обычных токах³⁾, с различных кристаллов — у отрицательной ветви всех снятых с цинкита характеристик гораздо труднее получить крутой начальный отрицательный наклон и значит резко выраженный i_0 , что также видно уже из черт. 10, где начала отрицательных ветвей загибаются скорее (это было отмечено в „Генерирующих точках кристаллов“ см. „Титбп“ № 15, стр. 568). Очевидно, что когда кристалл служит катодом, создаются более благоприятные условия для выхода электронов. На черт. 11 приведена также характеристика выпрямительной точки цинкита, снятая тоже при больших токах, чем на черт. 10; выпрямление и объясняется большей легкостью возникновения истечений в одном направлении, чем в другом.

Из черт. 7, например, нетрудно получить и численные значения всех постоянных, входящих в наши предыдущие формулы; для характеристики чертежа 7 они равны $r = 82 \text{ } \Omega$; $R = 7900 \text{ } \Omega$; $a = 2,5$; $b = 0,0007$ [a получится тем с меньшей погрешностью, чем дальше от начала оно взято; $b = j(e - a)$]. В следующей таблице приведены эти же постоянные для еще нескольких характеристик, снятых с хороших генери-

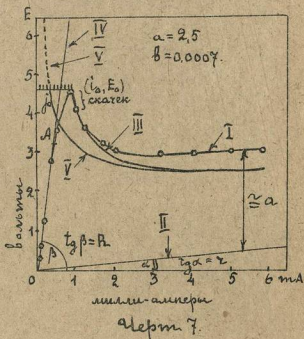
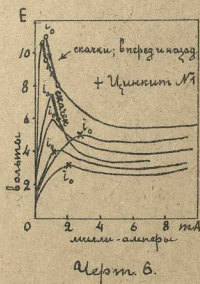
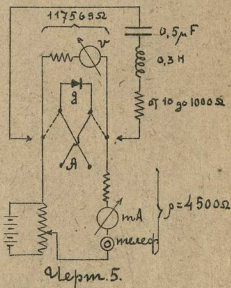
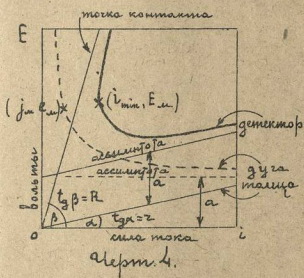
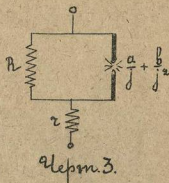
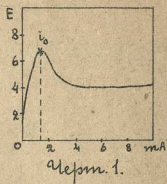
ТАБЛИЦА 1.

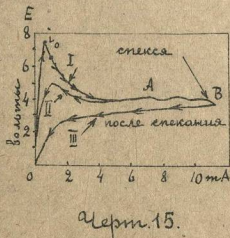
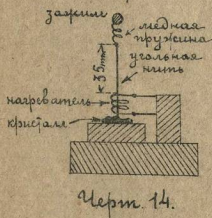
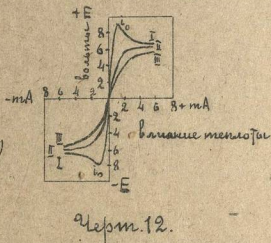
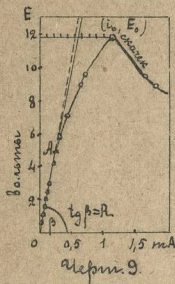
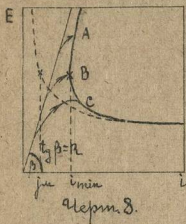
К О Н Т А К Т.	$r \text{ } \Omega$	$R \text{ } \Omega$	a	$b \times 1000$
Цинкит № 1—стальная пров.	98	20000	5	1,7
„ „ „	49	6000	3,5	0,8
„ „ „	47	20000	4	0,9
„ „ „	80	28000	7,5	3,5
„ „ „	50	25000	3,5	1,5
„ „ „	76	10000	3,3	0,9
„ „ „	80	30000	4,5	1,5
Цинкит № 2—стальная пров.	150	32000	9	1,5
„ „ „	170	40000	10,5	3
Свинцов. бл. № 1—стальн. пров.	100	2000	2,5	4,5
„ „ „	90	1500	2	9
„ „ „	90	1500	2	12

1) Не спутаем с началом отрицательного наклона.

2) На чертежах 10 и 11 обе ветви характеристик помещены в одном квадранте.

3) Т.-е. порядка милли-амп.





рующих точек различных кристаллов; сопротивление толщ для одного и того же кристалла потому может разниться, что дуга может возникнуть случайно на каком-нибудь выступе кристалла и тогда к истинному r прибавится еще сопротивление этого выступа. Конечно ясно, как это было указано в моей предыдущей статье¹⁾, что чем больше сопротивление толщ (у кристаллов данного названия), тем меньшая вероятность найти генерирующую точку, т. к. многие плохие точки замаскированы сопротивлением толщ и потому не могут быть найдены. При большом сопротивлении толщ, у найденных точек отрицательный наклон в сторону увеличения i имеет гораздо меньшее протяжение, т. к. скорее загибается кверху (сравнить на черт. 11 цинкит № 1 с малым сопротивлением толщ и цинкит № 2—с большим; см. также черт. 1 в „Титбп“ № 15, стр. 567).

3. Действие температуры. Характер разряда, которым работает генерирующий детектор. Как известно, для обыкновенной вольтовой дуги отношение пробивного потенциала к рабочему (близкому к величине a) бывает обыкновенно около 100 (например, для расстояния углей в 1 мм $\frac{4800}{40} = 120$); оттого только можно в 100 раз уменьшить вольтаж—и дуга будет гореть, что в рабочем состоянии электроды ее нагреты, так что вылет электронов уже происходит от действия теплоты, а вольтаж нужен только, чтобы их направить куда следует (см. проф. В. Ф. Миткевич: О вольтовой дуге, стр. 62). У генерирующего детектора это отношение, как видно из вышеприведенных характеристик, бывает максимумом равно 3; значит: 1) или контакт детектора заранее нагрет выделением джоулева тепла в сопротивлении точки контакта до такой температуры, что для пробивания воздушного промежутка между ребрами кристалла и металлическим острием не требуется большого градиента; 2) или, вообще, для вылета электронов на таких малых расстояниях достаточны несколько иные условия (например, уже заранее имеется „электронный газ“, как предполагают, на малых расстояниях от веществ).

Для выяснения этого к генерирующему контакту детектора подносило нагретое тело—и сразу колебания прекращались (прекращению колебаний предшествует уменьшение их периода); с удалением источника тепла, через некоторое время, колебания вновь возникают с *прежней* амплитудой; время потребное для возникновения колебаний вновь можно значительно сократить, если как-либо быстрее охладить контакт детектора, например дунуть на него. Действие нагревания одинаково и на низкую, и на высокую частоту. В дальнейших опытах это нагревание производилось специальной никкелиновой спиралькой, нагреваемой током (от постороннего источника), помещенной вблизи

¹⁾ См. „Титбп“ № 15, стр. 566.

контакта детектора, ось которой по возможности совпадала с осью контактной проволоочки (см. черт. 14, стр. 54).

Предварительное исследование. Для того, чтобы выяснить, насколько может влиять изменение давления контактной проволоочки на кристалл от ее расширения и изменения упругости от нагревания, нагреватель передвигался вверх и вниз *вдоль проволоочки* — значит, дальше или ближе от генерирующего контакта при неизменном расстоянии от проволоочки; чтобы достичь этого, в подобных наблюдениях контактные проволоочки брались с необычно длинной (до 5 см) прямолинейной частью и с пружинкой наверху (см. черт. 14, где показаны размеры для угольной нити); наблюдения были произведены: с угольной нитью, с платиновой, а также с медной проволочками. Нагреватель был нагрет до темно-красного каления, и нагрев его оставался постоянным. Во всех случаях наблюдения эти показали: если двигать нагреватель вниз¹⁾, то колебания постепенно прекращаются (приблизительно когда расстояние нагревателя от контакта уменьшится до 0,5 см при угольной проволочке²⁾); если же вверх, т.е. удалять от контакта и приближать к пружинке контактной проволоочки, то колебания возникают вновь, т.е. всё явление происходит, как и обычно.

Это доказывает с очевидностью, что изменение упругости проволоочки тут совершенно не при чем, т. к. в противном случае действие нагревателя было бы конечно наиболее сильно вблизи пружинки, т.е. вдали от контакта; на самом же деле оно наибольшее именно внизу, вблизи контакта.

Подобные наблюдения производились также с перевернутым верхом вниз детектором; результаты получились те же; только, благодаря более быстрой передаче теплоты конвекцией воздуха, колебания обыкновенно прекращались на меньшем расстоянии нагревателя от генерирующего контакта.

Все передвижения нагревателя делались крайне осторожно, чтобы не дотронуться до контактной проволоочки и тем не сбить генерирующую точку: для проверки, нагреватель при каждом отдельном наблюдении двигался вниз и вверх по несколько раз.

Исследование влияния температуры на генерирующий контакт. После того, как предварительное исследование показало, что изменение давления контактной проволоочки тут не при чем, в дальнейших опытах нагреватель был привинчен наглухо к детектору, и изменялась лишь степень его нагрева, так что расстояние от нагревателя до контакта детектора *всегда* было приблизительно равно 1 мм; в качестве

1) Как было указано, т.е. вдоль контактной проволоочки.

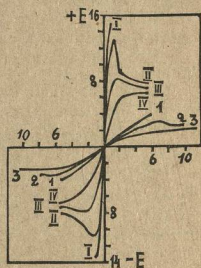
2) С медной контактной проволочкой колебания прекращаются раньше, благодаря ее большей теплопроводности (приблизительно уже на расстоянии 1 см нагревателя от контакта).

контактных проволочек употреблялись медные, платиновые, стальные и угольные.

Все наблюдения и снятые характеристики (при различных нагревах с каждой генерирующей точки) показали, что нагревание *понижает главным образом пробивной вольтаж*. Т. к. при этом пробивной потенциал понижается в обе стороны (у положительной и отрицательной ветви кривой) *одинаково симметрично* — из этого следует, что тут отнюдь не игра термоэлектродвижущих сил.

Для точки, генерирующей при комнатной температуре, колебания прекращаются, когда нагреватель нагрет еще далеко ниже темно-красного каления. Однако опыт *не* показывает, что нельзя найти генерирующих точек при той температуре, при которой колебания прекратились для точек, найденных при более низкой: верно, что генерирующие точки, чем выше температура, находятся всё с большим трудом; но еще можно, например, их найти при красном калении нагревателя; при светло-красном — это почти невозможно. На черт. 12 показано, как изменяется от температуры характеристика генерирующей точки цинкита, найденной при комнатной температуре (I — при комн. температуре, II — при темно-красном и III — при красном калении нагревателя).

На чертеже 13 показано то же, но для точек цинкита и свинц. блеска, найденных при темно-красном калении нагревателя (I и 1 — при комн. температуре; II — при калении нагревателя ниже темно-красного, III и 2 — при темно-красн. кал.¹⁾; IV и 3 — при красном²⁾; как видно, это такие точки, для которых при комнатной температуре нужен очень большой пробивной потенциал; для кривых I и 1, он даже не был достигнут в пределах снятия характеристики³⁾; из кривой II видно, насколько он увеличился уже при небольшом уменьшении каления нагревателя сравнительно с тем калением, при котором эта точка была найдена.



Черт. 13.

По горизонтальной оси милли-амп.
По вертикальной — вольты.

По исследованию действия нагревания было сделано много наблюдений; при каждом ток переключал-

¹⁾ При котором они и найдены.

²⁾ I, II, III, IV — это для цинкита; 1, 2, 3 — свинцов. блеск.

³⁾ Для снятия этих характеристик также применялась схема, описанная выше (см. черт. 5). Значит за все время снятия с данной точки серии характеристик при различных температурах колебательный контур приключался только раз для нахождения этой точки.

ся в обе стороны (для наблюдения симметричного действия теплоты на обе ветви); результаты во всех случаях получились те же, что и показанные кривыми на черт. 12 и 13, т.е. от нагревания возрастает ток и уменьшается вольтаж на зажимах детектора; сильнее всего это происходит вблизи горбушки (вблизи i_0); она сглаживается, и отрицательный наклон исчезает¹⁾ (т.е. уменьшается отношение $\frac{E_0}{a}$); если охлаждать генерирующий контакт, то все происходит в обратном порядке.

Характер разряда, которым работает генерирующий контакт. Возвращаемся опять к тем соображениям, которые послужили поводом исследовать влияние нагревания на генерирующий контакт. У генерирующего детектора отношение пробивного потенциала к рабочему мало по сравнению с обыкновенной вольтовой дугой; мы остановимся теперь отчасти и на 1-ом, и на 2-ом объяснениях, а именно: условия вылета электронов на таких малых расстояниях, какие имеют место при работе детектора, очевидно совсем иные; раз так сильно влияет на понижение пробивного вольтажа уже незначительная температура—значит самый разряд происходит тоже при температуре нагрева электродов порядка сотни градусов (а не 3000, как у обыкновенной вольтовой дуги), хотя и имеет свойства вольтовой дуги, а именно подчиняется закону $e = a + \frac{b}{j}$; также мы не отрицаем и того, что электроды детектора могут быть уже заранее нагреты—до температуры достаточной, чтобы понизить пробивной вольтаж—выделением джоулева тепла в сопротивлении точки контакта; но, как показывает предыдущее, они нагреты до ничтожно малой температуры: еще до меньшей, чем во время разряда.

Делаем также еще один вывод: условия для того, чтобы начались истечения, искажающие прямолинейность начала характеристики (на черт. 1: $O i_0$; см., как на черт. 12 и 13 истечения увеличиваются с температурой), зависят не только от градиента потенциала, но также и от нагрева электродов выделением тепла в сопротивлении точки контакта $j_1^2 R$; так как j_1 входит во второй степени, то у точек с меньшим R при данном градиенте и при том же падении вольтажа в R истечения могут начаться раньше; и действительно, обыкновенно у точек с малым сопротивлением толщи бывает и меньший пробивной вольтаж, т.е. раньше начинаются истечения; у выпрямительных точек, у которых истечения начинаются при очень малом вольтaje, сопот. точки контакта повидимому еще меньше (см. наприм., черт. 10 и 11, стр. 54); отсюда и вытекает вероятно приблизительное постоянство i_0 для генерирующих точек кристаллов данного названия²⁾. Теперь также вполне

¹⁾ Поэтому колебания и прекращаются.

²⁾ См. „ТГБП“ № 15, 564.

понятно наблюдавшееся раньше многими исследователями¹⁾ разнообразное влияние температуры на *детектирующую или выпрямительную способность* детектора.

В предыдущем упоминалось также, что иногда конец характеристики ген. точки бывает неустойчив, в том смысле, что сила тока зависит от времени—постепенно сама собой увеличивается, и например, если довести снятие характеристики для цинкита примерно до 6 *mA* (до места А на черт. 15), то, при снятии назад (уменьшая *i*), горбушка получится меньшая²⁾ и даже ее совсем может не получиться; доведя ток до нуля и дав пройти некоторому времени, горбушку вновь получаем: если дунуть на детектор или как-нибудь охладить его, то горбушка появляется скорее³⁾. Как *теперь* видно, это так и должно быть, т. к., при пропускании сильного тока, контакт может значительно (сравнительно конечно) нагреться и тогда появятся все те явления, которые имеют место и при нагревании извне.

Если довести для цинкита ток приблизительно до 8—10 *mA*, то может получиться даже сильное уменьшение вольтажа и увеличение тока (от времени); после подобного скачка (см. черт. 15, В), даже если долго не пропускать ток через детектор, все равно больше горбушка не появится; очевидно тут уже от нагревания происходит какое-то более сильное изменение: или вещество кристалла разлагается от сильного нагрева, или же разрушается какой-либо микроскопический выступ кристалла, на который давило острие, и вследствие этого сопротивление *точки контакта* изменяется; будем называть это спеканием.

Все эти явления происходят также и у отрицательной ветви характеристики (и симметрично, т. е. опять-таки и здесь не игра термо эдс).

Чтобы улучшить охлаждение генерирующего контакта, иногда на кристалл наливалась капелька бензина: таким только образом и удалось найти у свинцового блеска № 1 и цинкита № 2 хорошие генерирующие точки (бензин не относится конечно к характеристикам чертежей 12, 13, показывающих действие нагревания).

Действие магнитного поля на генерирующий детектор заметить не удалось ни при каком направлении его относительно оси контактной проволоки; это показывает, что разряды, которыми работает детектор, слишком микроскопичны.

4. Влияние термоэлектродвижущих сил незначительно. Как мы видели раньше, при действии температуры на детектор, характеристики

¹⁾ Например, Хент и Уайтмор (см. „Вестн. Воени. Рад. и Электр.“ № 4—5 стр. 195. 1917 г.).

²⁾ Оттого на черт. 7 для разложения и была взята характеристика, у которой отрицательный наклон уже кончается при 3,5 *mA*.

³⁾ Сравнить с изменением характеристики обыкновенной вольтовой дуги при переменном токе через нее.

его изменяются почти одинаково симметрично в обе стороны, т.е. искажающее действие термоэлектродвижущих сил незначительно; чтобы посмотреть действительно, какую они имеют величину, детекторы, образованные из различных контактов, подвергались действию того же нагревателя и на том же постоянном расстоянии его от контакта (т.е. около 1 мм). Детектор соединялся последовательно с гальванометром в 169 Ω , одно дел. (3 мм) шкалы которого равнялось 10^{-5} А; в следующей таблице приведены результаты этих наблюдений, часто даже сделанные с теми же точками, характеристики которых приведены на черт. 12, 13, а также во время нагрева отыскивалась точка, дающая наибольший термоэффект; тут приведены наблюдения при наиболее сильном калении нагревателя (светло-красное), чтобы видно было, каков мог быть наибольший термоэффект. (Сначала было точно выяснено, что термоэффект *всегда возрастает* с нагреванием). Для сравнения показан также термоэффект при темно-красном калении нагревателя. Знак электризации на кристалле при всех наблюдениях получался всегда один и тот же.

ТАБЛИЦА 2.

Кристалл	Знак электризации на кристалле	Светло-красное каление нагревателя		Темно-красн. каление
		Ток через гальванометр	Вольтаж, получившийся на зажимах гальванометра	Ток через гальванометр
Цинкит № 1	— (минус)	до 7×10^{-5} А	0,012	до 2×10^{-5} А
Цинкит № 2	— „	до 3	0,005	до 0,5
Свинц. бл. № 1	— „	до 10	0,017	до 2,5
Свинц. бл. № 2	— „	до 25	0,042	до 5

Только со свинцовым блеском № 1 термоэффект был значительный (сравнительно), так что при светло-красном калении нагревателя можно было его (хотя с большим трудом) заметить даже при включенном последовательно с гальванометром сопротивлении в 100000 Ω ; (с остальными кристаллами при подобном включении невозможно было заметить абсолютно никакого отклонения). Как мы видели, на характеристиках черт. 12 и 13 совершенно невозможно заметить влияние термоэффекта; еще менее, конечно, он мог влиять на начала характеристик цинкита, показанных на черт 10, т. к. тут нагрев сопротивления точки контакта проходящим по нему током еще гораздо ничтожнее. В генерировании колебаний термоэффект также не может

иметь значения, т. к. недавно удалось получить с цинкитным детектором длину волны всего в 68 метров¹⁾, и нет основания для того, чтобы не получить еще более коротких волн. Эти частые колебания получаются с теми же характеристиками и на том же самом участке их, что и низкая частота; нагревание детектора извне и на них действует аналогично.

Генерирующие, выпрямительные и детектирующие точки различных кристаллов.— Пока мы говорили большею частью о генерирующих точках; посмотрим, чем они отличаются от других точек кристаллов. Теперь ясно, что только тем, что у первых явление газового разряда ярче выражено: не настолько замаскировано сопротивлением толщи, и самый разряд происходит по закону $e = a + \frac{b}{j}$ (ср. на черт. 11 выпрямительную точку с генерирующей). Также и условия возникновения разряда у разных кристаллов и разных точек могут быть немного иные; например, у другого кристалла для возникновения истечений может быть достаточным уже более слабое нагревание (от выделения тепла Джоуля в R); или же в силу некоторых причин сопротивление точки контакта сильнее нагреется; у кристаллов карборунда (полупрозрачные) можно даже наблюдать слабое (в месте контакта) зеленоватое свечение при токе через контакт всего 0,4 мА; часто оно имеет ветвистый вид; у цинкита же во время генерирования даже сильных колебаний абсолютно никакого свечения наблюдать не удалось; наоборот, с увеличением тока приблизительно до 9 мА, когда колебания уже прекращаются—при спекании как раз (см. черт. 15), только тогда появляется слабое малиновое свечение. Это еще раз доказывает, что при обыкновенной работе цинкитного детектора-генератора электроды его не накалены. Выпрямляющее же действие детекторов легко объясняется соответственными свойствами электронных разрядов. (Например, при неодинаковой форме электродов или неодинаковой их нагретости)²⁾.

Общие выводы:

1. Действие как генерирующего, так и прочих детекторов объясняется электронными разрядами.
2. Обнаружено влияние теплоты на генерирующий контакт.
3. Разряды, которыми действуют генерирующие точки, не являются вольтовыми дугами в буквальном смысле, т. е. не имеют накаленных электродов.

¹⁾ По волномеру для коротких волн, градуированному В. В. Татариновым.

²⁾ Действительно, если в опытах § 3, нагревать главным образом контактную проволочку, держа нагреватель *вдали от контакта*, то истечения усиливаются не вполне симметрично: более, когда проволочка—катод. В ненагретом состоянии, как видели из черт. 10, наоборот истечения больше, когда катод—кристалл; вероятно в силу меньшей теплопроводности он более нагрет теплом Джоуля.

4. Плохие генерирующие точки отличаются от хороших тем, что у них истечения возникают раньше и более сильные и потому попадают на часть отрицательного наклона, более удаленную от i_{min} теоретической кривой (из того, что процесс после i_0 мы считаем за дугу, следует, что загиб начала происходит от истечений).

5. Начала характеристик хороших генерирующих точек подчиняются закону Ома.

6. Сопротивление R находится тем точнее, чем генерирующая точка лучше.

7. Получена с генерирующим детектором длина волны в 68 метров.

8. Влияние термоэлектродвижущих сил незначительно.

Выражаю благодарность проф. В. К. Лебединскому за различные ценные для меня указания.

Нижегородская Радиолaborатория. Январь 1923.

Русские и заграничные усилительные лампы.

В. Ф. Власова.

Нижеследующая статья представляет результаты работ, произведенных в Радиолaborатории Военной Электротехнической Академии с ноября 1921 г. по настоящее время. Исследуя различные типы ламп, доставленных в лабораторию для испытания, автор, естественно, пришел к сравнению отдельных типов ламп между собой и полагает, что такое сравнение имеет интерес и для широкого круга радиоработников.

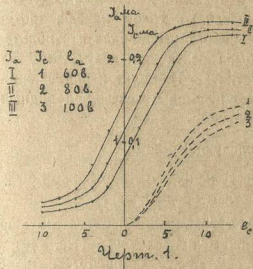
Некоторые из ламп удалось исследовать подробно, другие типы ламп, ввиду краткости времени, на которое они были получены в лабораторию, были исследованы не столь полно (например, лампу Nuth'a удалось получить только на два дня Пасхи 1922 г.); но для всех ламп были сняты статические и динамические характеристики и произведено измерение пустотности. Методы для этих измерений применялись обычные; они описаны в статье А. Минца „Катодные лампы, испытание их...“ в журнале „Техника Связи“ (№ 3 стр. 22), и на них мы не останавливаемся. Из статических характеристик, получаемых при помощи обычной схемы испытания ламп постоянным током, для вычисления параметров лампы и выяснения влияния накала были взяты семейства кривых $i_a = f(e_c)$ и $i_c = f(e_c)$ при различных токах накала и кривые зависимости токов анода и сетки от тока накала (черт. 1).

Динамические характеристики снимались по методу Мёллера и давали зависимость проницаемости лампы D и ее внутреннего сопротивления R_a от напряжения на анод для различных токов накала и различных потенциалов сетки.

К станке В.П. Бракова.

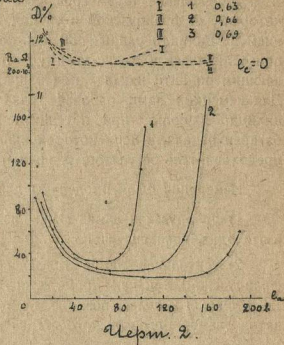
Лампа Гоголовская, ступая

$I_n = 0,46a$



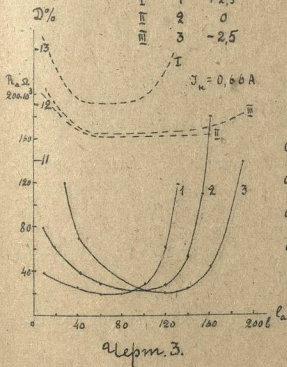
лампа Metal

D%	R_{a2}	$I_{лампа}$
I	1	0,63
II	2	0,66
III	3	0,69



лампа Metal

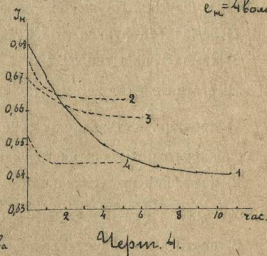
D%	R_{a2}	l_c
I	1	+2,5
II	2	0
III	3	-2,5



1. лампа Чеприкова

2 } лампы Metal

$l_n = 4 \text{ вольт}$



Сравнительное измерение пустотности ламп, кроме определения коэффициента G_v при определенных условиях, имело целью выяснить влияние на величину этого коэффициента тока накала и напряжения на электродах лампы.

Определение параметров ламп производилось для рабочей точки, которая для французской и ей подобных ламп определялась напряжением на цилиндр равным 80 вольтам, напряжением сетки = 0 (сетка присоединялась к минус-зажиму нити накала) и током накала, протекающим по нити накала, при напряжении батареи накала в 4 вольта. Для немецких ламп рабочая точка была взята при напряжении на цилиндр 90 вольт, при потенциале сетки (— 1) вольт и напряжении батареи накала, в цепи которой включены лампа и железо-водородный предохранитель-регулятор, равным 6 вольтам.

Измерения были проделаны для следующих ламп:

1) французская лампа Métal—из нескольких испытанных ламп была взята одна, являющаяся по своим качествам средней из всех,

2) усилительная лампа Богословского (размером немного больше французской), так как кроме этого типа испытывались другие лампы Богословского, более поздние по выпуску, то эту лампу будем называть—„лампа Богословского старая“,

3) английская лампа Осрам, тип „R“, построенная по образцу французской,

4) две усилительные лампы Чернышева (результаты приводятся для обеих ламп, под номерами 1-я и 2-я),

5) две усилительные лампы Богословского—новые (результаты приведены тоже для двух ламп—одна под № 127, другая без номера),

6) лампа Нижегородской Радиолaborатории ПРІ,

7) лампа Телефункен, тип EVE 173,

8) лампа Huth'a тип RE 196.

Из статических характеристик, определялись следующие параметры:

1) проницаемость D , как отношение $\frac{\Delta e_c}{\Delta e_a}$ при $i_a = const$ в пределах рабочего прямолинейного участка кривой,

2) коэффициент усиления тока или крутизна S вычислялась по формуле $S = \frac{\Delta i_a}{\Delta e_c}$ при $e_c = const$,

3) внутреннее сопротивление лампы R_a вычислялось по формуле $R_a = \frac{\Delta e_a}{\Delta i_a}$ при $e_c = const$.

Определенные, таким образом, значения параметров проверялись

по уравнению $D \cdot S \cdot R_a = 1$; определяемая при этой проверке ошибка (2—4%) показывает удовлетворительную точность чертежей и отсчетов при испытаниях.

Определение параметров D , S и R_a по приведенным формулам предполагает общий ток эмиссии равным току на анод, что соответствует действительности, так как в рабочих участках триода-усилителя ток сетки или равен нулю, или очень мал.

Затем из вычисленных параметров находилось значение коэффициента „доброкачественности“ лампы G_R по формуле $G_R = S^2 \cdot R_a = \frac{S}{D}$; коэффициент этот, как известно, дает величину четырех-кратной мощности переменного тока в цепи анода с внешним сопротивлением $R = R_a$, создаваемой изменением напряжения сетки на 1 вольт, и позволяет судить об усилительном действии лампы. Кроме этих параметров из характеристики $i_c = f(e_c)$ определялось сопротивление цепи сетки $R_c = \frac{\Delta e_c}{\Delta i_c}$, причем для всех ламп Δe_c бралось равным 4—5 вольтам (в сторону положительных потенциалов), что и сказалось на полученных, сравнительно малых, значениях этого параметра. Все вычисленные параметры сведены в таблицу 1-ю, в которой имеется еще графа с указанием мощности накала, потребляемой лампой в рабочих условиях.

Из этой таблицы видно, что большинство ламп дают значения для „доброкачественности“ G_R от $2,5 \cdot 10^{-8}$, до $3 \cdot 10^{-8}$, кроме лампы Телефункен; лампы Чернышева дают слишком различные результаты, чтобы отнести их к той или другой группе.

По величине коэффициента усиления и внутреннего сопротивления лампы резко делятся на две группы: французская и ей подобные ($S = 0,25 - 0,30 \text{ mA/V}$, $R_a = 30 - 40 \cdot 10^3 \text{ }\Omega$) и немецкие ($S = 0,13 - 0,20 \text{ mA/V}$, $R_a \cong 100 \cdot 10^3 \text{ }\Omega$); среднее положение занимает лампа Богословского старая с $S = 0,21 \text{ mA/V}$ и $R_a = 53600 \text{ }\Omega$. Наибольшее значение для „доброкачественности“ G_R , при наименьшей сравнительно мощности накала, дает лампа Богословского новая, у которой для обоих экземпляров получились почти одинаковые результаты.

При снятии динамических характеристик применялась, как источник переменного тока, машинка Сименс и Гальске индукторного типа, давшая от 1000 до 1200 периодов в секунду. Зависимости параметров D и R_a от напряжения на анод определялись при различных токах накала, а также при различных потенциалах сетки.

Из определенных, при условиях рабочего режима лампы, параметров D и R_a вычислялись коэффициенты S и G_R ; в таблице 2-й помещены найденные значения D , R_a , S , G_R и добавлена еще графа, показывающая разность между G_R динамической и G_R статической, выраженную в %.

ТАБЛИЦА 1.

(Статистические характеристики).

Л А М П А.	$D^0/10$	$S^{\frac{m, A}{V}}$	R_a^2	$D \cdot S \cdot R_a$	G_R	R_c^2	W_n ватт.
Metal	11,7	0,32	$27 \cdot 10^{-3}$	1,010	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$37 \cdot 10^3$	2,5
Богословского старая. . .	8,9	0,21	53,6	1,003	2,34	71,43	1,84
Осрам „R“	10	0,27	36	0,975	2,6	46,3	2,5
Чернышева № 1	13,3	0,37	21,1	1,035	2,88	31	2,56
Чернышева № 2	14	0,25	28	0,980	1,8	36	2,6
Богословская новая № 127	10,75	0,31	31,2	1,038	3	52,5	1,92
Тоже без №	11	0,28	33,5	1,030	2,7	40	1,85
Нижегородская „ПР1“ . .	11	0,25	37,5	1,030	2,4	50	2,03
Телефункен „EVE 173“ . .	6,75	0,135	107,5	0,980	1,95	50	1,58
Huth'a „RE 196“	6,9	0,176	84,5	1,025	2,7	25	1,8

Таблица показывает, что для некоторых ламп, преимущественно немецкого типа, разница между коэффициентами статическими и динамическими достигает большого значения.

Характеристики, снятые при различных накалах, показывают, что с увеличением накала происходит значительное уменьшение внутреннего сопротивления лампы R_a в областях больших напряжений анода, далеких от минимума сопротивления; в области же минимума изменение сопротивления незначительно (черт. 2).

ТАБЛИЦА 2.

(Динамические характеристики).

Л а м п а	$D^0/0$	$R_a \text{ } \Omega$	$S \frac{mA}{V}$	G_R	$\frac{G_R^{дин.} - G_R^{стат.}}{G_R^{дин.}} 0/0$
Métal	11,5	$26,5 \cdot 10^3$	0,33	$2,86 \cdot 10^{-3}$	5,6
Богословского старая	8	50	0,25	3,1	24
Осрам „R“	10	40	0,25	2,5	4
Чернышева № 1 . . .	10,5	30	0,31	2,95	2,4
„ № 2 . . .	11,5	38	0,28	2,45	26
Богословского новая № 127 . . .	10	30	0,33	3,3	9
„ без № . . .	10	32	0,31	3,1	13
Нижегородск. „ПР1“ .	9,6	38,5	0,27	2,6	7,7
Телефункен „EVE 173“	5,6	130	0,137	2,46	21
Huth'a „RE 196 . . .	5	80	0,25	5	46

Небольшой положительный потенциал сетки увеличивает проницаемость, и кривая $D = f(e_a)$ приобретает резко выраженный минимум, внутреннее сопротивление R_a немного изменяется по величине, минимум его сдвигается в сторону меньших напряжений на анод e_a (черт. 3).

Динамические характеристики $D = f(e_a)$ и $R_a = f(e_a)$ и легко вычисляемая из них кривая $S = f(e_a)$, снятые при различных токах накала и разных потенциалах сетки, дают возможность быстро найти наиболее выгодную (для случая внешнего сопротивления в цепи анода равного 0) рабочую точку для данной лампы. Сняв же такие характеристики для различных нагрузок цепи анода (эти испытания ведутся в лаборатории в настоящее время), мы получим полную картину наиболее выгодного использования лампы.

Для сравнения ламп в условиях нормальной работы было проведено следующее испытание. Методом шунта измерялась сила приема на рамку с усилителем 3-тер, включенным на HF (высокая частота). В усилителе заменялась испытуемой лампой сначала 3-я лампа (усили-

вающая), затем 1-я (детектирующая) и для каждого типа ламп определялась слышимость. Если взять слышимость при работе французской лампы Métal за единицу, то слышимости при других лампах будут иметь такие значения:

ТАБЛИЦА 3.

Л а м п а т и п	Métal	Осрам „R“	Черны- шева № 2	Богослов- ского новая № 127	„ПРІ“ Нижегород- ская
Сменялась 3-я лам- па усиливающая	1	0,78	0,70	1,52	1,41
Сменялась 1-я лам- па детектирующая	1	0,68	0,79	0,94	0,62

Лампу Чернышева № 1 испытать при этих измерениях не удалось, так как, будучи поставлена в усилитель, при зажигании ламп усилителя, она перегорела. К цифрам этого испытания приходится относиться очень осторожно, так как, хотя приведенные значения и взяты, как среднее из многих наблюдений, но самый метод, являясь чисто субъективным, не дает, конечно, гарантии в точности их.

Измерения пустотности заключались в определении коэффициента $G_v = \frac{i_a}{i_c}$, где i_a представляет ионный ток на анод при $e_a = -10$ вольт, и i_c ток на сетку, потенциал которой изменялся от нуля до $+220$ вольт. С увеличением положительного потенциала сетки, G_v увеличивается и при $e_c = 220$ вольт достигает той величины, которой принято характеризовать пустотность ламп. Чем больше в лампе газа, тем больше будет при одинаковых условиях испытания ионный ток в цепи анода и, следовательно, тем более будет величина коэффициента G_v . Сравнение пустотности по коэффициенту G_v может быть произведено, конечно, только для ламп одного типа. Почти одинаковые конструкция и размеры электродов испытанных ламп (за исключением ПРІ) дают возможность взять приблизительно этот коэффициент, как меру вакуума указанных ламп. Тогда испытанные лампы разбиваются на две группы:

- 1-я группа: лампы Чернышева (обе) } G_v
 лампа Осрам „R“ } $1 - 1,5 \cdot 10^{-8}$
- 2-я группа: лампа Métal $4 \cdot 10^{-6}$
 лампа Богословского № 127 $5 \cdot 10^{-6}$
 „ ” без номера $2 \cdot 10^{-6}$

Лампы ПРІ, Телефункен, Huth'a и французская „S“ (не испытанная в других схемах) дали коэффициент G_v порядка 10^{-4} .

Увеличивание накала увеличивает G_v в больших размерах. Интересно отметить зависимость коэффициента G_v от времени, а именно уменьшение его в течение 15—20 минут после включения лампы в схему испытания. Вышеприведенные значения для различных ламп представляют уже установившиеся величины.

Во время испытаний было обнаружено изменение, а именно падение тока накала с течением времени при постоянном напряжении накала для новых, еще не бывших в работе, ламп. Изменение тока накала длится несколько часов, после чего устанавливается постоянная для данной лампы, при определенном напряжении, сила тока накала, устанавливающаяся сразу и при последующих включениях лампы. Это уменьшение тока накала, а также и время, требующееся для установления постоянной силы тока, различно для разных ламп. Опыты показали, что для французских ламп Métal при $e_n = 4$ V уменьшение тока накала в среднем равно 10 миллиамперам, и время изменения тока $= 3-4$ часа; для испытанных ламп Чернышева имеем соответственно 35—40 mA и 9—10 часов (черт. 4). Это, очевидно, заставляет перед испытанием новых ламп в условиях их постоянного режима, предварительно прогревать их довольно длительное время до установления постоянства тока накала при данном напряжении батареи накала.

Следует упомянуть еще об обнаруженной и очевидно часто случающейся при работе неисправности в лампе ПРІ. Нить накала этой лампы в форме перевернутого V не натягивается, как обычно, никакими пружинящими ножками, и будучи накалена, не обладая сама достаточной упругостью, изгибается и касается сетки, это явление наступает при накале нормальным током через 1—1½ часа непрерывной работы. Так как в усилителях сетка соединена с одним из концов нити через вторичную обмотку трансформатора или через большое сопротивление, то это касание сетки и нити, не вызывает перегорания волоска накала, но лишает лампу усилительного действия, что часто и наблюдается на практике.

Вышеизложенные результаты испытаний показывают, что усилительные лампы русского производства по своим качествам в общем не отличаются от заграничных ламп, лампы же Нижегородская ПРІ и и Богословского новая превосходят по усилительному действию французскую лампу, которая обычно берется, как образец пустотных усилительных ламп.

Радиолaborатория
В. Э. Т. А.
Сергиев, Московск. губ.

Электрические лучи.

Проф. В. К. Лебединского.

(Более популярное изложение этого предмета послужило содержанием речи, произнесенной на торжественном заседании Нижегородской РЛ 8 января 1923 г.).

Опыт Гальвани. — Лучи Гертца. — Эпоха искры. — Дуга и триод. — Машинное производство света. — Излучение по классической теории. — Теория квант. — Антенна посреди двух теорий.

Гальвани при своих исторических опытах с препарированными лягушечьими лапками заметил вздрагивание лапки каждый раз, когда проскакивала искра от электрической машины, находящейся на некотором расстоянии от препарата. Было ли это простое действие индукции или на мускульную — нервную систему животного действовали электрические лучи? Последнее как будто подтверждается отмеченным фактом необходимости, для удачи опыта, присутствия наблюдателей у машины и у препарата, как двух антенн — отправительной и приемной.

Во всяком случае это *могло* быть первым осуществлением радиотелеграфа и притом по методу физиологического приема. Недавние опыты доказали возможность получения даже записанной радиотелеграммы с помощью вздрагивания лягушечьей ножки при передаче по радио на расстоянии 310 клм (Париж — Рэнн).

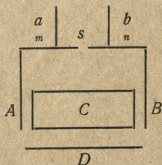
Сто тридцать лет тому назад, в эпоху опытов Гальвани, никто не мог постичь действительное значение этого чуда и менее всего Гальвани, который вообще не замечал *передачи* энергии в наблюдаемый им препарат; все его мысли сосредоточивались на возбуждении к действию энергии, находящейся, как остаток жизни, в свежеемпутированной лапке животного. Мы бы сказали, что приемник Гальвани действовал по способу реле, отмыкающего накопленную в приемнике энергию.

Фарадей, Вильям Томсон, Кирхгоф, Феддерсен, Максвелл и Гертц должны были появиться на промежутке следующих за Гальвани 90 лет и подвести человечество к идее о лучистой передаче электрической энергии. Подвод этот совершался без малейшего сознания конечной цели, как мы ее теперь понимаем, но в таком логическом или даже „педагогическом“ порядке, что, кажется, будто какая-то мудрая рука осторожно вела людей к результатам, ведомым только ей.

Томсон открыл в своих математических выкладках колебательный процесс (предполагавшийся раньше и Гельмгольцем) в том мгновенном явлении, которое происходит при разряде лейденской банки, витая в своих мыслях об инерции электрического тока, и написал формулы для частоты и затухания этих колебаний. Расчет был чрезвычайно упрощен тем, что Томсон, как и Кирхгоф, не были осведомлены об излучении при описываемом колебательном процессе; но результаты его не получили, от этого, временного значения; излучение при расчете частоты и затухания играет ту же роль, что омическое сопротивление, и потому могло быть впоследствии просто приложено в тех же формулах к этому последнему, как слагаемое, как „полезное сопротивление“.

Максвеллу открылась мысль об электро-магнитном излучении, причем его совершенно не интересовало, как оно производится; он был увлечен глубоким сходством электрических лучей (как бы они ни произошли) со световыми и возникающею отсюда „эл.-магн. теориею света“ со всеми ее следствиями. На основании этой теории объяснилось быющее в глаза соответствие между электрическими и световыми свойствами тел: прозрачность эл. изоляторов, непрозрачность проводников, уменьшение скорости света с увеличением свойства конденсации эл. сил (воздух и стекло); стало очевидностью давление света и может быть, самое главное: возможность влиять эл. и магн. силами на луч света и обратно—световым лучем вызывать электрическое явление (светоэлектрическое действие—фотоэффект). Кроме того, после Максвелла, в луче света, поперечность колебаний которого оказалась весьма натуральной, появилось *два* поперечных вектора эл. и магн., один из которых как-то странно до сих пор не находит себе назначения; для зрения, как и фотографии и фотоэффекта достаточен один из них, по всей вероятности, электрический¹⁾.

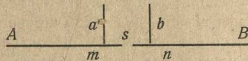
В 80-х годах прошлого века Гертцу, необыкновенно чуткому к физическим явлениям, было предложено Гельмгольцем воспроизвести на опыте основной пункт максвелловской теории эл. лучей: когда конденсатор *AB* (черт. 1) заряжается или разряжается, по его диэлектрику *C* проходят „токи смещения“ в ту или другую сторону, не рассеивающие, но накапливающие или отдающие эл. энергию; эти токи, по Максвеллу, производят магнитное поле, а след. обладают способностью индуцировать токи в соседних проводниках, как напр. в *D*. Питая конденсатор от индуктория через провода *a, b*, после проб и подсчетов Гертц должен был отказаться от предложенной задачи за ее невыполнимостью. Только чрез несколько лет, в 1886 г. случай вывел Гертца на счастливый путь, который его и при-



Черт. 1.

¹⁾ Ср. идеи Аркадьева „Титб“ № 17, стр. 798.

вел к эл. лучам в природе: „я был поражен, говорит он, тем, что не нужны большие лейденские батареи, достаточны маленькие банки, удар небольшого индукционного аппарата, лишь бы только разряд произошел в виде искры“. Эта искра проскакивала в промежутке s (черт. 1). Раньше Гертц боялся, что искра слишком „бурное“ явление, чтобы при ней процесс мог происходить в гладком виде, допускающем измерения. Искра, которую предлагал Томсон и использовал Феддерсен для изучения эл. колебаний, дала теперь Гертцу способ получения индукционного действия от токов смещения; и это действие распространялось у него со скоростью света, отражалось, преломлялось, оказывалось поляризованным, совершенно подобно лучам света, и наблюдалось на расстоянии нескольких метров. В последующих своих опытах Гертц развернул свой излучатель, поставив A и B , как продолжение линии $m n$ (черт. 2). Втечение десяти следующих лет последователи Гертца проверили всю „оптическую теорию эл.-магн. луча“. Работа Максвелла и Гертца имела результатом перекрестное отождествление лучей светового с электрическим. Бесконечно длинная шкала этого общего мирового процесса разделяется на участки: 1) частоты от 0 до 10^4 неиспользованы, 10^4 — 10^6 радиочастоты, 10^6 — 10^{11} ультра радиочастоты и гертцевы лучи, 10^{11} — 10^{12} неизвестны на опыте, 10^{12} — $3 \cdot 10^{15}$ свет, $3 \cdot 10^{15}$ — 10^{17} неизвестны на опыте, 10^{17} — 10^{20} рентгеновы лучи, с 10^{20} гамма лучи.



Черт. 2.

Но радиопередача еще не появилась. Гертц, будучи спрошен о возможном применении его лучей, ответил полным сомнением. Обратное убеждение пророчески высказал Крукс. И лишь с 1895 г. А. С. Попов, вдумавшийся в опыты Гертца по книге Лоджа, взяв от Гертца его развернутый колебательный провод (антенну), искру, дающую первый импульс к свободным колебаниям антенны, питание ее индуктором, а от Бранли когерер, построил радиопередачу; за ним достиг успеха Маркони (см. „Титбп“ № 14, стр. 459); оба они сознательно устремились преодолеть расстояние, разрешить по методу радио эту задачу — одну из двух основных для техники, преодолевающей расстояние и побеждающей время. В руках этих двух основателей радиотехники и их последователей, по мере роста технических дерзаний, антенна все удлинялась, индукторий заменялся более регулярно действующей машиной переменного тока, когерер — всевозможными „волноуказателями“ до современного детектора включительно. Но искра долгое время оставалась, несмотря на ее, ясно выражавшуюся, техническую непригодность.

Для побеждения расстояния, что касается отправительной станции, требуется увеличение мощности, уменьшение затухания и при всем этом — неременность действия. Жизнь не ждет. К области технического радиотелеграфа нередко с особенною буквальностью применим завет: „Промедление смерти подобно“. Техническое устройство должно быть всегда готово к действию; иначе оно теряет свой смысл ответа на спрос жизни. Если газовые законы, на которых основано действие тепловых



НИЖЕГОРОДСКАЯ РАДИОЛАБОРАТОРИЯ НКПит.

Фасад по Радионабережной р. Волги.

Подвал—агрегатное помещение; первый этаж—механич. и деревообдел. мастерские и типография; второй этаж—лаборатории; третий этаж—управление, мастерские триодов и библиотека.

и электрических (электронных) машин, суть статистические, могущие по сущности своей иногда не проявить своей силы, то всё же эти наши машины не могут не пойти в ход после своего пуска; в них действует закон больших чисел, ибо число элементов газа или электричества при наших технических размерах всегда неисчислимо велико. В искре совсем не так: своим возникновением она обязана игре всего нескольких, может быть, одного (по теории Ф. Н. Шведова) электрона, запутанной столькими обстоятельствами, что их трудно перечислить; а желая быстрого прекращения искры, мы встречаемся с явлением последействия, ионной инерции, и—действительно бурным—стремлением природы перейти к более устойчивому, массовому процессу вольтовой дуги. Наука

до сих пор не дала окончательных методов управления искровым разрядом.

Техника разрешала этот вопрос довольно противоречивыми рецептами. Искру извлекли из самой отправительной антенны и поместили в связанный с нею контур (сложный передатчик); затухание антенны очистилось от лишнего и капризного участника. Излучение, как будто, не стало хуже от этого: мощность гертцовских лучей, оказалось, определяется единственно развернутостью (черт. 2) контура. Искры, превосходящие по длине некоторый предел, оказались технически совсем непригодными; этим ставился предел для напряжения и мощности колебаний; возможность, при сложном передатчике, трансформации, повышающей напряжение от контура в антенну, позволяла превзойти этот предел. Совсем короткие искры, вводимые по несколько последовательно, оказались более послушными даже при частом (со звуковой частотою) проскакивании; и, несмотря на большие потери в ряде искр по сравнению с одной длинной, на то же напряжение, это устройство получило громадное применение в виде отправителей „по методу музыкальной искры“. Тут вошел в действие новый принцип остановки труда: музыкальные передатчики наполнили мир слухача музыкой, станции заговорили с ним знакомыми тонами и сделали его работу более приятной, увлекательной и потому сосредоточенной¹⁾, отвлекающей внимание его от окружающего не рабочего беспорядка (атмосферные шорохи). Почти неожиданно обнаружилась неприятная по потерям энергии двуволнистость сложного передатчика; она удовлетворительно объяснилась теорией; техника же выработала себе идеал: воспользоваться происходящими от двуволнистости биениями для того, чтобы перекачать всю энергию из замкнутого контура в антенну; для этого необходим был автоматический разрыв контура к моменту полного размаха колебаний антенны; здесь вплотную подошли к вопросу о прекращении искры в предуказанный момент; идеал был более или менее достигаем различными приемами, между прочим и чисто механическим вторжением в процесс искры. С другой стороны, искра вводится во вторичную цепь резонанс-трансформатора; здесь от машины уже не требуется искрового напряжения, как на черт. 1, и искра проскакивает реже, чем с частотою машины, т. к. несколько периодов необходимо для раскачивания резонанс-трансформатора; это же время раскачивания, пока рез.-трансф. не имеет искрового напряжения, позволяет исчезнуть ионным последствием, и работа искры может быть четкою.

Предел уменьшения затухания — сведение его до нуля. Техническое приближение к незатухающим колебаниям было дано и в искровом передатчике новейшей системы, в котором искра возбуждает но-

¹⁾ Это оригинальное обстоятельство усиливается при приеме незат. колебаний на гетеродин еще одною возможностью для слухача—свободного выбора тона работы, наиболее отвечающего всей совокупности его „я“ для данного момента.

вый ряд колебаний, когда еще не успел значительно затухнуть предшествовавший ряд, происходящий от предыдущей искры. Но, по идее незатухающих колебаний, они не состоят из примыкающих друг к другу рядов затухающих, хотя бы и в точности продолжающих смену фаз; настоящие незатухающие получаются на ином принципе, который заключается в регулировании и восполнении по энергии *каждого* периода колебательного конденсаторного контура. Впервые технически это было разрешено с помощью вольтовой дуги: разряд конденсатора происходит через дугу, долженствующую держать свой колебательный режим в униссон с частотою конденсаторного контура; тогда она при каждом колебании пропускает к конденсатору энергию от машины постоянного тока, восполняющую весь расход, считая и на излучение. Техника восприняла дуговой передатчик с большими вожелениями; она поступила тут, как полководец, решающий дать сражение вместо того, чтобы избежать неприятеля; вместо борьбы с превращением искры в дуговой разряд, она стала базироваться именно на этом последнем. Но дуга оказалась немногим лучше по своей требовательности к уходу, производимому „в темную“, как при искре, и потому—средствами, несоответствующими по своим размерам своей цели и обходящимися, при больших мощностях, чрезмерно дорого. Несравненно выше в техническом отношении лампы незатухающие передатчики; вариация их мощности—что-нибудь около $1-10^{10}$, если считать только до киловатта; регистр частоты 10^0-10^9 и выше; устойчивость частоты изумительная. Молния (искра), дуга, триод представляют собою поучительную последовательность обуздания природного процесса, или лучше—направления его всё в более тесные рамки, регулирования его у момента возникновения. Участие триода в колебательном процессе по идее своей то же, что и вольтовой дуги, но он представляет собою, обычно, машину электро-термическую, и действие главного его нерва, выход катодного потока, регулируется в нем законом больших чисел.

Однако для средних, а тем более—для больших мощностей триодный генератор еще в позапрошлом году встречал общее недоверие (см. „Радиотехник“, мнение Хоу, № 14, стр. 365); мощный триод находился только в мыслях изобретателей; и лишь в самое последнее время эта машина XX-го века (первые контрольные сетки были применены проф. Ленардом в начале 900-х годов) начинает за-границей выступать на мощных отправительных радиостанциях. Непосредственной же заместительницей дугового генератора явилась машина высокой частоты.

С самого возникновения радиопередачи, в опытах Теслы, явилась идея производить колебания машиною высокой частоты; в этом венце технического видоизменения (обтехничивания) опытов Гертца не только, как при дуговом генераторе, каждый период колебательного процесса,

но каждый момент его, перестав быть свободным, находится в железных руках машиниста; исключены всякие сомнительные посредники между механическим вращением ротора и эл. лучами от антенны. К 1919—20 г.г. были превзойдены большие затруднения в области машиностроения, встретившиеся на пути технического исполнения мощных машин высокой частоты, и эти машины начали получать свое современное широкое распространение.

Что же было достигнуто при этом с точки зрения максвелло-гертцевского комплекса мирового излучения (стр. 72)? Окончательное утверждение того, что отправительная радиостанция „светит“. Дело в том, что, развернув фундаментальные труды основателей науки о свете прошлого века, мы увидим, что Гюйгенс, Френель, Грин, Стокс, В. Томсон разумели под светом незатухающие колебания; представление о неопределенно длинном ряде волн неизменной амплитуды было положено в основу их взгляда на процессы отражения, преломления, интерференции, дифракции, поляризации и дисперсии. Принципиально подобный взгляд распространяется на эти процессы и в случае электрических лучей.

Лишь впоследствии научная оптика поставила вопросы о группах волн, представляющих собою во всяком случае непрерывную последовательность фаз в каждой группе; опыт показал, что в обыкновенных случаях света (не x -лучей) мы имеем дело с группами в миллионы волн.

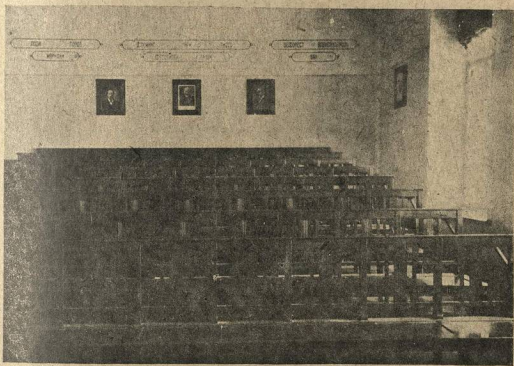
Итак, именно незатухающие эл. лучи—ближе всего к световым, отличаясь чисто арифметическим признаком—низкою частотою; но этот свет, вместо того, чтобы выступать из недр атома, производится машиною. В этой своей победе XIX в., ведущий к механизации всякого производства, до самых высших его типов, выразился весьма ярко.

Теперь обратимся к сопоставлению внутренних явлений, происходящих при излучении атома и антенны. По почину Гельмгольца внутри атома признаются электрические составные части, по последним представлениям—электроны, колебания которых и производят эл. лучи. При детализировании вопроса установилась основная теорема (A): при всяком ускорении электрона (а колебательный процесс определяется синусоидально изменяющимся непрерывным ускорением), от него идут световые импульсы пропорциональные ускорению, наиболее яркие—по перпендикулярам к направлению (вектору) ускорения. Отсюда вытекает представление о лучах от электрона в атоме, вращающегося вокруг атомного ядра (центробежное ускорение), так наз. ротатора, дававшее такое изящное объяснение напр. явлению Зеемана; отсюда же вытекает простое объяснение образования x -лучей при остановке электрона катодного потока (отрицательное ускорение).

По антенне пробегают переменные токи; свободные, междуатомные электроны ее меди движутся взад и вперед, т.-е. (в общих чертах)

совершают колебания; следовательно от каждого элемента ее и от всей антенны в целом идет свет, наиболее яркий, как мы все это знаем, в направлении горизонтальном, если воздушный провод вертикален. Антенный амперметр, регистрирующий колебательное состояние электронов, своим показанием десятков или сотен ампер удостоверяет яркое излучение отправительной станции.

По этой теории излучатель Герца (черт. 2) дает световую мощность в $197,4 \cdot A^2$ ватт, где A — средний квадр. ток. Мы имеем колоссальное „сопротивление излучения“ в $197,4 \Omega$, но при условии, что волна будет всего в два раза длиннее самой антенны. Если мы возьмем только половину этого излучения, что соответствует *идеальному* зазем-



Аудитория Радиолaborатории, в которой происходило заседание 8 янв. 1923 г.

В глубине портреты А. С. Попова и Г. Маркони.

лению вертикально поставленного провода, то получим $98,7 \cdot A^2$ ватт; приэтом мы выиграем на матерьяле, получив волну в 4 раза длиннее самого провода. Нагружая емкостью концы излучателя AB (черт. 2), или один конец в случае заземления другого, мы будем получать всё большие длины волн и, пропорционально квадрату коэффициента изменения длины волны, уменьшать наше полезное сопротивление¹⁾; мощность излучения не будет так быстро падать, т. к. приэтом происходит увеличение A ; но если длину волны мы будем увеличивать введением добавочной самоиндукции, то одновременно с полезным сопротивлением

¹⁾ Все это происходит, п. ч. ускорения колебательного движения растут пропорционально квадрату частоты.

будет падать и A , и падение мощности излучения с уменьшением частоты будет очень быстрое.

Для того, кто умеет сводить антенну к так наз. эквивалентному диполю, т.-е. к соотв. излучателю Гертца, к которому только всё предыдущее и относится, для того всё только что сказанное—технически верно.

В теории света эти рассуждения о вариации излучателя не имеют места; тот же закон быстрого падения мощности излучения с уменьшением частоты выступает, но при совершенно другой постановке вопроса¹). И тут он является настолько явно противоречащим действительности, что всё то, что положено было, как фундамент теории излучения и что привело к такому неверному результату, признается за последние годы подлежащим низвержению. Рассуждать по теореме (A), говорят теперь, значит—рассуждать по „классической“ теории; слово: классический обозначает совершенство, законченность в известном круге мысли, но и—отхождение в область прошлого.

Место теории XIX в. заняла теория квант, которая далека от логического совершенства, находится едва у своего начала (хотя ей 23 года), и вся в будущем. Световая теория квант говорит, что свет излучается известными порциями эл.-магн. энергии (квантами), в беспорядке вылетающими из атома, бесформенными „понятиями“, пропорциональными частоте; этим она разъяснила многое в происхождении x -лучей, в фотоэффекте исправила преувеличенное излучение в больших частотах, по новому начала объяснение явления Зеемана и отвергла факт излучения света крутящимся электроном²), которое очевидно, ведь, не имеет места напр. в парамагнитных телах, наполненных вертящимися электронами и не светящих. Многие другие истины восстановила теория квант и не только в излучении, разрушив зато то, чем красовалось знание прошлого века.

Наука о свете ищет теперь выхода, компромисса, согласования между квантовым бесформенным событием в излучающем атоме, выбрасыванием каких-то квант, и длинным рядом непрерывно следующих фаз в эфире, длинным рядом поперечных волн, известной поляризации и амплитуды. Впрочем, в иных случаях допускается, что в луче света так и не устанавливается никакого порядка (объяснение фотоэффекта): луч представляет собою тогда статистически несущиеся кванты, несвязанные фазами, почему-то только обладающие обязательно скоростью света. Нет теперь ни единства воззрения о свете, ни цельности, ни обязательности. Та область, где блещет и всемогуща теория квант,—учение о спектральных линиях и строении атома, пока по крайней мере, ни в каком пункте не интересует нас.

¹) См. напр. „Рад“, № 11 стр. 50.

²) Точнее сказать: ротатор не излучает, вращаясь по орбите „дозволенного радиуса“, а вращаясь по орбите недозволенного он не может.

Такое положение науки о свете многим кажется печальным; обломки классического прошлого среди молодых побегов нового. Но наука пришла в такое состояние в своем вечном стремлении восстановить истину; подошла пора выдвинуть на первый план несоответствие, которое мы упомянули, относительно крутящегося электрона, и которое раньше было проглядываемо. Мы видим здесь доказательство и относительности, и прогресса нашего знания; наука сошла с прежней ступени, когда свет рассматривался по аналогии со звуком, в котором действительно гармонически колеблющееся тело (колокол) просто производит ряд когерентных волн в воздухе; она переходит на новую ступень, на которой великий процесс выхода энергии из тела в пространство (эфир) будет рассматриваться более соответствующим ему способом. Наше положение трудное, потому что мы находимся *между* двумя теориями.

Какое отражение теперешнего перелома в науке о свете можно ожидать в радиопередаче?

Излучение с технической антенны всегда приходилось рассматривать не буквально, как световое. Если излучатель Герца, небольшой предмет, еще может быть представляем уединенным, независимым от окружающего, как атом, то наша хотя бы идеально заземленная антенна, поле которой захватывает землю вследствие неидеального устройства противовеса (погруженного в грунт или приподнятого, но всегда долженствующего отстранить землю от участия в колебаниях), излучает не те свободные волны, которые по прежней теории излучались атомами. Точно также и в распространении горизонтальных радиолучей неотступно участвует земля, тогда как в световых явлениях неизвестна роль вещества, вдоль поверхности которого распространяются (скользящие) лучи; единственный случай, когда выступает нечто вроде засасывания веществом световой энергии, это—при полном внутреннем отражении. Несмотря на существенное различие нередко приходится пользоваться понятиями о преломлении, поляризации, дифракции и особенно—отражении (от столь часто упоминаемого хивизайдова слоя), взятыми из теории света, в применении к лучам радио. Эта, еще далеко неясная, сторона радиопередачи, поскольку она поддается объяснению, показывает, что здесь классическая теория света применима. И мы, покинутые теорией света, должны будем сказать, что радиотехника делает то, что „думали прежде о свете“. Можно позволить себе выражение, что радио передача, по своему происхождению есть результат неверного понятия о световом излучении.

Странным путем возникла эта техника, так соответствующая современному человеку с его твердой уверенностью в свои силы творить историю, вести массы, желающему давать сигналы, приказывать, говорить своим голосом и увлекать своею музыкою весь мир в одно мгновение; техника, которая, может быть, дозволит действовать прямо

на нервы, внушать по методу Гальвани, но уже непосредственно сознанию человека; словом, техника столь серьезного назначения, что ее эксплуатация допустима при полезном действии установки в 10^{-14} 0/0¹⁾.

Но допустим, что теория квант применится к радиотехнике, не в вопросах о действии катодных приборов, где она должна уже о себе давать знать с каждым вылетом электрона, а в области излучения; кванты излучения с частотой 10^4 очень малы; всего $6,5 \cdot 10^{-23}$ эрга. При мощности антенны в 300 киловатт, в секунду отправляется $5 \cdot 10^{34}$ квант²⁾; мы ничего не можем сказать о размерах кванта, но, кажется, что при таком их количестве радиолуч у места своего выхода не имеет характера луча, состоящего из отдельных элементов, как это представляется с большими квантами и малой мощностью в x -лучах; однако с бесконечным расхождением лучей, на очень больших расстояниях эта дискретность должна проявляться, и мощность на единицу поверхности будет определяться небольшим числом квант, столь небольших по размеру их энергии. По учению о квантах мы ожидаем, что с увеличением частоты, а следовательно и кванта, при той же мощности излучения, на больших расстояниях будет получаться, конечно, та же малая мощность, но большими скоплениями энергии, разделенными большими промежутками, что, вероятно, если судить по примеру фотоэффекта и действия x -лучей, производит более интенсивный эффект. Радиопередача на Марс „должна“ производиться возможно высокою частотою.

Однако, что именно происходит при прохождении кванта эл.-магн. энергии мимо принимающей антенны, мы не можем понять; это — обратный процесс вступления энергии из пространства (эфира) в материю.

¹⁾ Эта цифра не относится к приему на расстоянии 20000 килом, т. к. антипод, как фокус, принимает лучи, идущие к нему от отправителя со всех сторон.

²⁾ Ни в каком смысле не согласованных по фазе.

Механизм искрового разряда.

Проф. С. Лифшица.

Доложено на III-м съезде РАФ 19 сентября 1922 г.

§ 1. После работ Феддерсена, Шёстера и Хемзалех¹⁾ мы знаем, что дизруптивный искровой разряд состоит из двух стадий. Первая стадия — возникновение начальной дизруптивной искры, вторая стадия — колебательный разряд в цепи и искре.

Вторая стадия искрового разряда представляет явление сравнительно простое. Это режим вольтовой дуги переменного тока, в котором заряд в том или ином направлении переносится катодным потоком. Главная трудность лежит в объяснении механизма первой дизруптивной искры, переходящей затем в стадию вольтовой дуги. Предложен ряд теорий для объяснения возникновения искрового разряда. Одни теории имеют чисто формальное значение, как например теория Кауфмана²⁾. Она выясняет те условия нарушения электрического равновесия в цепи, которые приводят к искровому разряду, но не пытается подойти к выяснению механизма явления. Другие теории, напр. Рёсселя³⁾ принадлежат к типу „разрыва диэлектрика“. При такой теории трудно получить реальную картину явления. Искровой разряд происходит в газе. Диэлектрик, стало-быть, до разряда разорван и состоит из отдельных молекул.

Таким образом, оставаясь на точке зрения современных молекулярных представлений, мы подойдем скорее к понятию о разрыве самой молекулы. Это будет теория Тоунсенд-Томсона⁴⁾ — ионизация газов путем столкновения. По этой теории из катода вылетают электроны, которые своей бомбардировкой ионизирует газ и создают условия для возникновения электрического разряда. Эта теория одинаково приложима как для обычного тихого электрического разряда, скажем, гейслеровского разряда, так и для дизруптивного разряда искры. Теория не содержит

1) Schuster and Hemsalech. Phil. Trans. 93. A. p. 189, Hemsalech. C. R. 1912.

2) Kaufmann. W. Ann. 1900. 2 p. 158.

3) Russel. Phil. Mag. 1906.

4) Работа Шведова относится к тому же кругу идей (Ж. Р. Ф.-Х. О. 1906, вып. 6).

в себе никаких моментов, которые объясняли бы переход гейслеровского разряда в искровой и обратно. Этот пробел в литературе предмета занимался следующим объяснением: искровой разряд начинается стадией гейслеровского разряда, который нагревает электроды, пока не появляется на электродах вольтова дуга—это и будет момент искрового разряда. Хашек¹⁾ выводит формулу на основе такого объяснения, которая дает возможность вывести величины давления и температуры в искре, вызванные раскаленными металлическими парами электродов. Формула эта, однако, не нашла достаточного подтверждения в опытных данных.

Так как, с другой стороны, основные мысли Тоунсенда и Томсона об ионизации газов путем столкновения являются вполне прочными научными завоеваниями, подтвержденными всеми экспериментальными данными, то главной задачей в объяснении механизма искрового разряда является нахождение тех обстоятельств, которые обуславливают переход гейслерова разряда в искровой, в предположении, что явление тихого разряда объяснено Тоунсенд-Томсоном.

§ 2. „Слабая искра“²⁾. В 1869 г. П. Рисс описал явление искрового разряда, названного им слабой искрой³⁾.

Если один из электродов разряжающегося конденсатора несколько заострить, то наряду с обычным искровым разрядом, дающим яркую искру с сильным треском, иногда проскакивает слабая искра, почти не дающая треска. Подбирая соответствующее заострение электрода, можно добиться того, чтобы проскакивали только одни сильные или одни слабые искры. Слабая искра состоит из трех частей: из светлой более длинной части со стороны положительного электрода, из светлой короткой части со стороны отрицательного электрода и из темной бесцветной части искры между концами положительной и отрицательной отрогками искры. Эта третья бесцветная часть искры (иногда она окрашена в слабый фиолетовый цвет (получила в литературе название „исключительного места“ в искре (ausgezeichnete Stelle). Повидимому, слабую искру еще раньше Рисса наблюдал Кнок, как видно из его писем к Ремер'у, появившихся еще в 1806 году⁴⁾.

Рисс подробно исследовал явление, но объяснение, которое он дал, мало разъясняет физическую сущность слабой искры. В конце он указывает, что положительная и отрицательная части, которые в слабой искре разделены темным промежутком, в обычной искре сходятся и образуют сплошную искру.

¹⁾ A. d. Ph. 1900. p. 672.

²⁾ Эта часть работы выполнена при участии В. О. Шугаева.

³⁾ A. d. Ph. 1869. 137 p. 451; 1875, 156 p. 378.

⁴⁾ An. d. Ph. 1806. p. 108.

Наши исследования слабой искры заключались в исследовании под микроскопом отпечатков искры на копоти. Получение отпечатка искры на копоти не раз было использовано и описано в литературе. Мы остановились на этом методе, исходя из следующих соображений. Процесс искрового разряда—процесс молекулярного характера. Можно получить о нем некоторые указания, рассматривая искру под микроскопом под очень большим увеличением. Рассматривать искру непосредственно нельзя, ибо вся картина внутреннего процесса закрывается сильным светом искрового ореола. Фотографические отпечатки искры, которые были бы весьма ценны, если их получать, используя разного рода фильтры, тоже оказались непригодными, ибо уже при увеличении всего в 10 раз под микроскопом видна зернистая структура серебряного изображения. Оставалось использовать отпечатки искры на копоти. Правда, все старые приемы, пользующиеся плотным слоем копоти, не давали под микроскопом никаких подробностей. Но нам удалось покрывать стеклянные пластинки нежным, едва видимым налетом, который выдерживал увеличение до 500 раз и не выказывал при этом зернистости своего строения. Лучшим материалом оказался дым горящего дерева.

Опыт обычно располагался следующим образом: небольшая стеклянная пластинка покрывалась тонким налетом описанным путем. К этой пластинке прикладывались два электрода в виде медных плоских пластинок с закругленными концами, отстоящими на 5 мм до 2 см друг от друга и образующими искровой промежуток. Через этот искровой промежуток проскакивала искра от средних размеров лейденской банки, емкостью в 0,0022 микрофард; самоиндукция при разряде было доведена до минимума и состояла из концов станиоли, подводящей к обкладкам конденсатора и электродов, приложенных к стеклянной пластинке.

Обычный разряд такой цепи представлял из себя яркую искру, сопровождавшуюся сильным треском. На копоти, как это было известно из прежних опытов, получался отпечаток искры, состоящей из трех частей: внутреннего канала искры, где происходил первый взрывной разряд; мантии-трубка раскаленных паров металла, окружавшая центральный канал, и ореола—след разбрасываемых взрывом горячих паров и воздуха (черт. 1, стр. 85). В виду тонкости слоя копоти ореол подчас не давал после себя видимого отпечатка. Так как электроды не представляли из себя шаров, а были плоские пластинки, то иногда, правда редко, вместо обычной яркой искры проскакивала „слабая искра“.

Отпечаток слабой искры не давал ни мантии, ни ореола. Он состоял из двух концов центрального канала, не доходящих друг до друга (черт. 2). Отпечатки слабой искры указывают, что мы здесь имеем незаконченный процесс внутреннего канала и, следовательно,

отсутствуют должествующие появиться после него мантия—стадия вольтовой дуги и ореол—взрыв в искре.

Один отпечаток за всю серию опытов оказался весьма удачным, ибо он дает возможность вывести некоторые заключения о природе слабой искры. Он представлен на схематическом черт. 3. Один за другим по копоти проскочили два разряда слабой искры. Диаметр канала равен 0,05 мм. В положительной части искры видны страты; они по виду несколько отличаются от страт гейслерова разряда тем, что темные промежутки представляют не полосы, а треугольники; но расстояние страт, колеблющееся между 0,25 и 0,4 мм, отвечает правилу Гольдштейна: $\frac{d}{d'} = \left(\frac{p'}{p}\right)^n$, где n величина меньше единицы.

Этот отпечаток интересен в том отношении, что он подтверждает наиболее вероятное предположение, будто слабая искра есть стадия гейслерова разряда при атмосферном давлении. Здесь получены страты в таких условиях, когда одинаково вероятно происходит и дизруптивный разряд¹⁾.

Теперь возникает вопрос, в каких отношениях стадия гейслеровского разряда стоит по отношению к дизруптивному разряду?

§ 3. „Центры взрыва“. Отпечатки сильной искры на копоти, полученные вышеописанным способом, дают центральный канал, мантию и ореол. Наше главное внимание было обращено на центральный канал искры, который мы исследовали под микроскопом, пользуясь увеличением до 500 раз. При этом мы натолкнулись на следующее новое явление: в центральном канале искры, в той части ее, которая соответствует „исключительному месту“, были обнаружены замкнутые микроскопические области. На черт. 4 представлен один из отпечатков, схематически зарисованный по микрограмме при увеличении в 100 и 40 раз. Центральный канал имеет ширину 0,12 мм. Длина искры 10 мм.

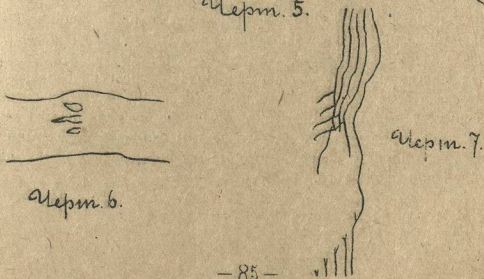
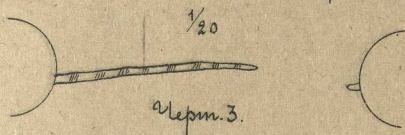
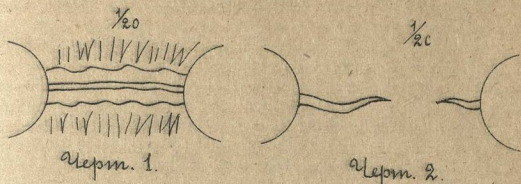
На черт. 4 мы видим, как два заостренных конца положительной и отрицательной частей слабой искры косо подходят один к другому. По линии их соприкосновения мы видим ряд областей в количестве 5 штук. Их средние размеры таковы: длина 0,15 мм, ширина 0,01 мм.

Получается такое впечатление, что в месте соприкосновения двух концов слабой искры происходят в описанных областях особые явления, после которых происходит переход от слабой искры в сильную. Мы назвали поэтому описанные области „центрами взрыва“.

Иногда в центральном канале появляется только один такой

¹⁾ Напомним, что Toepler (P. An. 1897, 63 p. 109; W. An. 1898; 66 p. 660) получил страты при электрическом разряде и атмосферном давлении, но при таких условиях, которые совершенно исключают дизруптивный разряд (включение в цепь конденсатора сопротивления в несколько миллионов ом и замена металлического электрода полупроводником—базальтом).

К станке проф. Аудиница.



центр (черт. 5). Здесь искра имела длину 11 мм. Толщина центрального канала 0,36 мм. Длина центрального взрыва $l = 1,5$ мм, толщина центра взрыва $0,002 = 3$ мм. Иногда образуются два центра, иногда три (черт. 6).

Получение вышеописанных микрограмм искрового разрядника представляет дело значительной трудности. Требуется, чтобы слой копоти был как раз соответствующей толщи: не слишком сильный, чтобы не давать расплывчатых отпечатков, и не слишком слабый, чтобы отпечаток был виден. Кроме того, требуется известное соотношение между слоем копоти и силой разряда. Подобное совпадение всех требований встречается редко и поэтому большинство отпечатков дает расплывчатые или плохо видимые контуры, и только небольшая часть оттисков оказывается удачной. Чтобы получить необходимое количество типичных микрограмм, пришлось получить очень большое количество отпечатков и использовать не более десятой доли их общего числа. Зато отпечатки, считающиеся удачными, поражают тонкостью своего рисунка, особенно если принять во внимание большие увеличения микроскопа, при которых их рассматривают.

То обстоятельство, что и в обычной искре имеется свое исключительное место, отвечающее месту встречи положительной и отрицательной части искры, можно теперь проследить и в более ранних работах. Так Петерс¹⁾ в своих отпечатках искры на копоти различает три части в центральном канале искры: положительную треть, отрицательную треть и среднюю треть. Последняя треть отличается большей шириной, большей яркостью; в середине ее выделяется светлая полоса, по обе стороны которой имеется темная граница. Средняя часть тем больше, чем искра сильнее. Анатолик²⁾ в своих отпечатках отмечает „Ausgezeichnetungsstelle in der Schlagweite“. Мы видим таким образом, что исключительное место имеется как в слабой, так и в сильной искре. Разница заключается в следующем: в слабой искре оно соответствует месту наименьшей активности, наоборот, в сильной искре — месту наибольшей активности.

Любопытно отметить, что центры взрыва, напоминающие формой удлиненное яйцо, могут служить подходящими областями для образования шаровой молнии. По теории Теплера³⁾ пересмотревшего большой материал описанных случаев шаровой молнии, последняя образуется тогда, когда вторая молния проходит по каналу раньше проскочившей молнии. Форма шаровой молнии имеет форму удлиняемого яйца. Конечно, надо представить себе, что центры взрыва в молнии имеют размеры иного порядка, чем те, которые мы наблюдали в искре, длиной в 1 см или около того.

¹⁾ An. d. Ph. 156 p. 397, 463.

²⁾ An. d. Ph. 1878, 3 p. 483.

³⁾ An. d. Ph. 1900, 2, p. 623.

§ 4. Явление Вальтера. В 1898 г. Вальтер опубликовал¹⁾ наблюдения им явления при проскакивании искры. Фотографируя искру на движущейся фотографической пластинке, он показал, что искра появляется не сразу. Со стороны положительного и отрицательного электродов проскакивают кистевые разряды, которые становятся все длиннее и длиннее, пока не образуется искра. Положительная кисть всегда длиннее отрицательной. На черт. 7 (стр. 85) представлена схема фотографий, полученных Вальтером. Вот его собственные слова: „*Ein elektrischer Funke in der Regel nicht mit einem Schlage fertig ist, sondern dass ihm sein Weg zuvor durch mehrere stossweise aufeinanderfolgende und immer länger werdende Büschelentladungen gebahnt wird*“. Вальтер в своем объяснении стоит, очевидно, на точке зрения теории „разрыва диэлектрика“. Если стоять на точке зрения ионизации путем столкновения, мы должны считать весь путь между электродами отчасти проводящим за все время роста искры и даже тогда, когда кистевые разряды у электродов едва намечаются. Следовательно, по мере роста напряжения на полюсах, вновь образующиеся электроны постепенно будут усиливать работу раньше имевшихся электронов на всем протяжении искрового расстояния, и нет никаких оснований предполагать, что путь должен пробиваться толчками через промежутки времени порядка 10^{-4} сек. (время между двумя кистями на фотографиях Вальтера).

Далее на фотографиях Вальтера обращает на себя внимание следующее: положительные кисти имеют сложный ветвистый рисунок на концах, и этот рисунок повторяется от одной кисти к другой. Если бы искра каждый раз совершала работу разрыва диэлектрика, то трудно себе представить, чтобы рисунок кисти повторялся.

Нам представляется, что легче дать другое объяснение этому явлению. Со стороны положительного и отрицательного полюсов двигаются навстречу друг другу группы заряженных молекул, которые время от времени освещаются внутренними ионизационными процессами. Каждая вспышка указывает на более интенсивную ионизационную деятельность внутри искры, связанную с тем, что электроды более или менее разряжаются. Иногда эта вспышка бывает настолько сильной, что электроды значительно разряжаются и процесс начинается сначала. Такой случай и будет случаем слабой искры, которая представляет из себя стало быть наибольший кистевой разряд Вальтера, относительно сильно разрядившийся. В обычном случае положительные и отрицательные части доходят почти до соприкосновения; тут появляется центр взрыва, происходит сильный взрыв с ярким светом, электроды нагреваются, и искра переходит в стадию вольтовой дуги.

Физический Институт Московского Университета.

(Окончание следует).

¹⁾ W. An. 1898. 66 p. 636.

ИЗ ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

Французские отправительные лампы большой мощности. — Французская Радиотелеграфная Компания выделяет в настоящее время на своих заводах в Леваллуа-Перре отправительные лампы на 1,2 kw в антенне стеклянные и на 5 kw кварцевые.

Лампа в 1,2 kw представляет собой стеклянный баллон в 20 см в диаметре с двумя горлышками, в которые впаяны вводы проводов. Нить V-образной формы; вершина ее натянута, а стороны прикреплены к двум нитям с высокой температурой плавления, соединенным с вводными проводами. Сетка металлическая прикрепляется к хорошо изолированной проволоке, имеющей вывод через то же горлышко, что и проволоки, соединенные с нитью. Цилиндр концентричен с сеткой и соединен с проволокой, имеющей выход из противоположного по отношению к сетке и нити горлышка.

Ток накала 9 А при 12 V, напряжение цилиндра 10000 — 12000 V, утечка в цилиндре 200 ватт. Лампа может передать в контур антенны 1,2 kw при совершенно темном цилиндре; при начале красного каления мощность в антенне равна 1,5 kw.

Выпрямление осуществляется двумя триодами, могущими дать 0,5 А при 16000 V и таком сопротивлении, что при затрате на каждую лампу по 4 kw энергии, цилиндры их остаются ненакаленными.

Питание постоянным током осуществляется посредством ламп со-

вершенно такой же конструкции, формы и размеров, как лампы колебательные. Во избежание мешающего действия тонической ноты, эти лампы заставляют работать на 1,5—2 kw.

Лампы могут быть включаемы параллельно. Отдача их от этого не изменяется и равна приблизительно 74%.

Лампа в 5 kw. За последние годы изготовление кварца значительно усовершенствовалось. Кварц выдувают, плавят, разрезают на трубочки и пр. Для работы с кварцем требуется температура около 1800° C.

Имея весьма малый коэффициент расширения, почти равный нулю, кварцевые баллоны могут быть подвергаемы сильным изменениям температуры и действию вентиляции без опасности образования трещин, столь часто получающихся в стеклянных баллонах. Высокая температура плавления кварца и возможность сильной вентиляции кварцевых сосудов явились причиной стремлений перейти к изготовлению триодов большой мощности из кварца, дающего возможность уменьшить размеры самого триода.

Лампа в 5 kw имеет цилиндрическую кварцевую оболочку в 90 мм в диаметре, оканчивающуюся с обеих сторон двумя кварцевыми полусферами с выводами проводов. Сетка в виде спирали и концентрический с нею цилиндр сделаны из молибдена. Нить V-образной формы поддерживается пружинкой одинаково

натянутой в холодном и накаливаемом состоянии. Нить имеет четыре выводных провода, по два на каждую сторону для уменьшения диаметра этих проводов, сетка и цилиндр по одному.

Т. к. коэффициент расширения кварца весьма мал, то при охлаждении от температуры плавления кварца в 1800°C до нормальной образуется кольцеобразная трещина между стеклом и проволокой. Наличие этой трещины предотвращается особыми приспособлениями.

Баллон закрыт в цилиндрическом футляре из пертиака с открытыми основаниями, снабженном в средней своей части на высоте баллона ажурной металлической оправой. Футляр состоит из двух половинок, чтобы его можно было раскрывать и вставлять лампу, прикрепляемую посредством асбестовой ленты. Футляр снабжен зажимами, дающими возможность легко вставлять и закупоривать лампу. Маленький вентилятор в 50 — 100 ватт продувает воздух вокруг лампы.

Для хорошей работы лампы требуется: накал 15 А при 16 В, т. е. мощность 240 в; ток цилиндра 0,45 А при 17000 В, т. е. мощность 7,65 kw. Утечка в цилиндре 2,5 kw. В антенну идет ток 32 А, при сопротивлении антенны 5 Ω , т. е. мощность в антенне 5,1 kw. Отдача таким образом равна $5100 \text{ в} : (7650 + 240) \text{ в} = 0,65$.

При таком режиме цилиндр накаливается докрасна. Но именно для того и делается баллон из кварца и сетка и цилиндр из молибдена, чтобы возможно было применять высокие температуры.

Питающие триоды такой же конструкции, как и колебательные. Накал их 20 А при 25 В. Система двух ламповых выпрямителей обеспечивает ток в 1 А при 25000 В.

Помощью двух выпрямительных и трех колебательных ламп можно получить передаточную радиостанцию в 14 kw в антенне.

Срок службы ламп намечен предположительно следующий: лампы стеклянные на 1,2 kw — 1500 часов, лампы кварцевые на 5 kw — 2000 часов. Первые опыты подтвердили эти предположения.

Утолщение нити может увеличить срок службы лампы, но при этом ее КПД уменьшается. Употребление кварцевых баллонов дает возможность четыре—пять раз менять израсходованные нити лампы. Стоимость замены нити примерно в пять раз меньше стоимости новой лампы.

С. Гор.

О ламповых передатчиках Англии.
Из доклада Британской Радиотелеграфной Комиссии. — Британская Радиотелеграфная Комиссия в составе Лорда Мильнера (председатель), Д-ра Икклза (вице-председатель), Тернера, Шогнесси, Гровлея (секретарь), обследовала вопрос о производстве катодных реле большой мощности и о положении радиостроительства Англии.

В настоящее время развивается массовое производство кварцевых катодных реле мощностью в 2,5 kw в антенне; их выделяется около 5 штук в неделю.

Для оборудования одной мощной радиостанции Имперской сети кварцевыми реле их требуется 24 штуки, а годовой расход ламп должен выразиться количеством от 36 до 108 в зависимости от количества работы. Полный годовой расход кварцевых реле для всей Имперской сети примерно равен 864 шт., между тем как стеклянных реле потребуется на ту же работу 3240 шт.

Стоимость стеклянного реле равна 15 ф. ст., а кварцевого 60 ф. ст. Увеличение тщательности выделки должно уменьшить расход реле, а возможность замены перегоревших нитей новыми сможет сильно удешевить эксплуатационную стоимость замены реле.

При переменном токе для цепей

высокого напряжения расходы возрастают для кварцевых реле на 50%, а для стеклянных примерно на 66%.

Продолжительность „жизни“ нити лампы предполагается не меньше 2000 часов.

В настоящее время наиболее мощным из ламповых радиоотправителей является катодный передатчик компании Маркони в Карнарвоне¹⁾, состоящий из 48 катодных реле и потребляющий 100 kw энергии.

Сравнительно небольшая мощность ламповых передатчиков заставляет строить для них возможно более высокие антенны, т. к. ламповые передатчики, прекрасные для малых мощностей, сильно уступают в настоящее время машинным для больших мощностей.

По вопросу о строительстве Британской Имперской Радиотелеграфной сети комиссия высказала в начале 1922 года следующие пожелания.

Три наиболее изолированных радиостанции, из них одна в Восточной Африке, другая в Сингапуре и третья в Гонг-Конге должны быть в первое время оборудованы дуговыми генераторами, пока ламповые не будут достаточно усовершенствованы и испытаны на эксплуатационной работе.

Для мощных английских радиостанций комиссия рекомендует радиосеть подобную радиосети в Сент-Ассизе²⁾. Мачты должны быть металлические на оттяжках, высотой в 250 м и выдерживающие горизонтальное натяжение в 10 тонн. Таких мачт предполагается четыре на расстоянии в 400 мт. Впоследствии намечается расширение антенны прибавлением еще двух мачт. Емкость антенны должна быть около 1/40 микрофарады. Заземление излишне, требуется лишь пртивовес. Ламповый генератор мощностью в 120 kw предполагается питать двумя турбо-альтернаторами в 250 kw. Дальность дей-

ствия 2500 миль (4000 клм), скорость передачи до 90 слов в минуту. Две таких станции намечаются установкой в Канаде (Монреаль и Ванкувер) для работы с Англией и Австралией, одна в Австралии в Перте и одна в Южной Африке в Йоханнесбурге. В Восточной Африке в Тикаривере предполагается установить два дуговых генератора по 250 kw. В Сингапуре антенну предполагается сделать того же типа, но высоту ее уменьшить до 200 мт.

С. Гор.

Радиотелеграфия. Из речи Маркони, произнесенной 20 июня 1922 г. на Соединенном Заседании Американского Общества Инженеров-Электриков и Американского Общества Радиоинженеров.— В настоящее время строятся ламповые генераторы на 100 kw в антенне из параллельно соединенных четырехкиловаттных ламп. В первое время представлялось затруднительным параллельное включение большого числа ламп, но сейчас не представляет затруднения включение шестидесяти ламп с потенциалом на аноде в 12000 вольт. Достижение мощности ламповой установки в 500 kw не представляет, по моему, непреодолимых трудностей. Срок службы ламп в последнее время сильно возрос и некоторые четырехкиловаттные лампы по испытаниям в лаборатории и на эксплуатации в Клифдене горят более 500 часов.

В настоящее время построены кварцевые триоды большой мощности в 25 kw и в 75 kw в антенне, но отдача их пока ниже отдачи параллельно включенных триодов меньшей мощности, так что они находятся в лаборатории на исследовании.

Потери в антенне значительно уменьшены, и в настоящее время признано возможным увеличение отдачи антенной до 50% при длине волны в 20000 мт и соответственно высоте мачт 250 мт.

¹⁾ „Титбп“ № 13, стр. 343.

²⁾ „Титбп“ № 17, стр. 769.

По тщательным исследованиям Раунда над катушками и другими частями контуров триода выяснилось, что из поступающей на анод энергии в антенну можно передать до 70%, а в пространство заставить излучаться около 35%.

На станциях с меньшей длиной волны вполне выполнимо дальнейшее увеличение отдачи, однако это едва ли полезно вследствие сильного увеличения расходов при этом. В Англии имеется радиостанция, работающая волной в 3000 мт при мачтах высотой в 100 мт, полезное действие которой от получаемой на аноды энергии до излучаемой в пространство равно 40%.

При ламповых установках длина волны постоянная и гармоники отсутствуют. Скорость автоматической манипуляции может превзойти 200 слов в минуту на коротких волнах, а на длинных предел ей ставят постоянные антенны.

В настоящее время скорость радиорботы с Парижем и Берном составляет около 100 слов в минуту, причем работа идет двумя волнами на одну антенну, когда требуется мощность передачи средняя, и одной волной, когда требуется большая мощность передачи. Работа с Парижем и Берном дуплексная и записывается буквопечатающими аппаратами, а иногда ондулятором и в редких случаях прием производится на слух. Прием на этих радиостанциях сравнительно малого расстояния производится посредством последовательно включенных усилителей высокой и низкой частоты, приключенных к направляющей антенне системы Беллини и Този или к ненаправляющей.

Большое внимание обращается на тщательное выделение приема и освобождение от атмосферных разрядов помощью настроенных контуров и настроенных усилителей высокой и низкой частоты.

В настоящее время коммерческая скорость работы по сравнению с 1912 годом увеличилась от 8 до

10 раз при тех же расходах, причем атмосферные разряды принимаются для обоих случаев одинаковыми. Мешающее действие других станций за последнее время сильно увеличилось, но его устранение все же легче устранения атмосферных разрядов.

Новый шаг вперед был сделан в 1920 г. Г. Матье, который построил новый тип усилительного трансформатора без сердечника с весьма малой емкостью между обмотками и эффективным полным сопротивлением первичной обмотки приблизительно равным внутреннему сопротивлению цепи цилиндр—нить триода, когда вторичный контур настраивался в резонанс с частотой колебаний подлежащих усилению. Результаты первых испытаний этих трансформаторов оказались поразительными и дали коэффициент усиления 15 вместо прежнего 5 для одной лампы, а постоянство оказалось несравненно лучше даже при подаче на сетку отрицательного потенциала в 1—2 вольта.

Этот же принцип оказался столь же успешным при применении трансформатора низкой частоты с железным сердечником. В этом случае оказалось необходимым применение железного магнитного шунта между оборотами для получения достаточно слабой связи между первичным и вторичным контуром трансформатора.

Недавно Г. Матье еще усовершенствовал трансформатор высокой частоты, сделав его астатическим. Этот усилитель трансформаторами высокой и низкой частоты был испытан мною при переезде из Англии в Америку и преимущество его по сравнению с прежнего типа усилителем было подтверждено.

Прием весьма отдаленных сигналов на рамку и выражение результатов помощью известной сердцевидной диаграммы показал, что электромагнитные волны проходят не всегда по определенному направлению от одной станции к другой.

Когда путь распространения волн меняется, то получают биения, слышимые на подобие сигналов Морзе. Иногда радиосигналы идут не по ближайшей дуге большого круга, а по ее дополнению, составляющему больше половины окружности. Как пример различного направления распространения сигналов, Е. Тремеллен указывает, что сигналы из Науэна приходят на Новую Зеландию через Южный полюс, а из Ганновера через Северный.

Атмосферные разряды приходят преимущественно с суши, а не с океана. При переезде из Англии в Америку я наблюдал, что до половины пути атмосферные разряды приходят преимущественно с Европейского континента, а при приближении к Америке — с Американского. Подобное же явление наблюдал Тремеллен в Тихом океане. Поэтому, например, радиосвязи Западной Европы с восточным берегом Северной Америки представляются крайне благоприятными в смысле незначительности атмосферных разрядов, т. к. последние приходят преимущественно с противоположной стороны, т. е. со стороны материков.

Затем, весьма интересен факт, что колебания гораздо легче распространяются на большие расстояния с запада на восток, чем с востока на запад.

За последние годы вернулись к передатчикам с короткими волнами, каковые были применяемы на заре радиотелеграфа, но потом оставлены, т. к. головокруглительный рост радиотехники шел именно в области длинных волн. С 1916 г. я совместно с Франклином стал вновь исследовать короткие волны длиной около 2 м, возбуждаемые искрой в пространстве с повышенным давлением и отражаемые параболическими зеркалами. Было найдено, что атмосферные разряды на этих волнах почти не мешают и помехой может явиться зажигание магнето в автомобилях, т. к. они дают колебания длиной волны от почти равной нулю

примерно до 40 мт. Представляется вполне возможным, что магнето явятся впоследствии источниками радиопередачи.

Франклин рассчитывал силу излучения коротких волн, отраженных от параболических зеркал, и получил в полярных координатах сердцевидную кривую, соответствующую направленной радиопередаче.

В 1919 году Франклин начал в Карнарвоне опыты по излучению помощью триодов коротких волн в 15 мт. В Холихэде, в 32 км от Карнарвона, была слышна радиотелефонная передача ясно и громко. Далее радиотелефон был слышен в Кингстоунской гавани, в 126 км от Карнарвона, и, наконец, осуществлено сообщение между Гендоном (близ Лондона) и Бирмингемом на расстоянии 156 км. Питающая триоды мощность равна 700 ватт, антенна вышиной немного больше половины длины волны имеет необыкновенно большое сопротивление излучения. Отдача ламп 50—60%, в пространство излучается около 300 ватт.

С отражательными зеркалами предел слышимости $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ параллельных омов при телефоне в 60 Ω . Если рефлекторы убрать, то сила приема уменьшается в 200 раз.

При соответствующих триодах, которые могут быть включаемы и параллельно, можно иметь волну от 12 мт и мощность в несколько киловатт.

Из опытов в Карнарвоне выяснилось, что прием возможен и на передаточные антенны во время работы последних.

Результаты радиотелеграфного обмена между Гендоном и Бирмингемом интересны тем, что на этом расстоянии укладывается наибольшее число раз из до сих пор существовавших радиосообщений электромагнитная волна, именно 10400 раз.

Так как отражающие зеркала дают не только усиление сигналов, но и направляют их в определенную сторону, то передатчик малой длины

волны с отражающими зеркалами может служить прекрасным радиокомпасным передатчиком, направление на который может быть измерено соответствующим приемником с точностью до 2° ,8.

Представляется возможным помощью радиопередатчика с короткой волной определить на судне несмотря на туман близость другого судна, т. к. излучаемый пучок волн отразится от металлической обшивки и, вернувшись обратно, укажет на присутствие судна и отметит его направление.

С. Гор.

Journ. of. A. I. El. Eng. 1922.

О некоторых новейших мощных триодах.—В „Wireless Age“ за октябрь—декабрь 1922 г. приведены данные о лампах в 100 kw, разработанных в лаборатории Bell Telephone System, Western Electric Co (New-York) и о магнетроне Хулля.

Данные первого прибора таковы: анод—медный цилиндр (без шва), закрытый с одного конца диском, медным же и припаянным к цилиндру; высота анода—35,5 см, диаметр 8,9 см. Нить—из вольфрама толщиной 0,15 см. и длиной 163 см. Ток накала 91 А, мощность потребляемая нитью около 6 kw. Нить укреплена на медных стержнях толщиной около 0,4 см. Сетка из молибдена обмотана вокруг трех молибденовых поддержек. Наружная высота прибора около 75 см. Автор статьи считает, что главное затруднение при конструировании ламп большой мощности—это рациональное соединение стекла с металлом; в выпущенных до сего времени приборах спай расстраивался от изменений температуры и пр. Ныне упомянутой лабораторией разработаны конструкции и способы такого со-

единения, и этим задача конструирования стеклянных электронных ламп любой мощности решена.

Данные магнетрона Хулля (двух-электродный электронный прибор, „управляющая“ часть которого—внешнее магнитное поле) таковы: анод, охлаждаемый водой, имеет высоту 75 см, диаметр 4,45 см.; нить из вольфрама, толщиной 1 см. и длиной 56 см. На накал тратится около 20 киловатт (ток силой 1800 ампер). Прибор дает ток 20000 периодов и 1000 киловатт мощности, при коэффициенте полезного действия 70% (анодное напряжение 20.000 вольт постоянного тока). В отношении нити указывается на стремление в последнее время перейти к „торированным“ нитям.

Г. Н. Макаревский.

Управление судном на расстоянии.—В журнале „Electrical World“ описаны конструкции механизмов, при помощи которых одно из судов военного французского флота управлялось при помощи аэроплана. Это судно было построено по образцу немецкого, атаковавшего французскую эскадру. Германское судно приводилось в движение газолиновыми моторами и управлялось электрически при посредстве 30-мильного однопроводного кабеля. Два газолиновых мотора, устроенные по образцу цепелиновых, могли посредством подводных винтов доводить скорость движения судна до 40 узлов в час. Электрическое управление позволяло осуществлять семь различных операций с машиной и рулем. Энергия для приборов управления получалась от небольшой газолиновой установки и батареи аккумуляторов. Ряд реле позволял осуществлять эти семь различных положений.

Инж. Д. Каргин.

Х Р О Н И К А.

„ТиТбп“ № 18—представляет собою первый выпуск 4-ой серии журнала; предыдущие серии составлялись номерами: 1—4, 5—10, 11—17. В последнем № каждой серии имеется указатель всего ее содержания.

Колебательное движение электронов в триоде, которому посвящена статья *С. И. Зилитинкевича* (математическая часть ее будет помещена в следующем выпуске), было наблюденно, как указывает автор, Баркхаузен и Курцем в Германии в 1919 году. Это несколько не уменьшает заслуги нашего автора, подошедшего к явлению независимо, с оригинальной стороны, на пути своего обширного исследования явлений в триоде, как было указано и при докладе на 3-м съезде РАФ („ТиТбп“ № 16, стр. 680).

Работа Баркгаузена и Курца была отмечена у нас, в „Радиотехнике“ № 14, февраль 1921 г. стр. 500 (особливо: абзацы 3-ий и 4-ый стр. 501) наряду с другими работами по вопросу о получении колебаний ультрарадиочастоты (Уиддингтон „Рад.“ № 12, стр. 200; Сусворс „Рад.“ № 14 стр. 512; Бонч-Бруевич „ТиТбп“ № 15, стр. 589).

Наблюдение электронных колебаний Зилитинкевича и немецких авторов, как и ионных—Уиддингтона, вероятно, приведет к замечательным следствиям.

Статья *О. Лосева* о свойствах кристаллических детекторов заключает

в себе новый, современный подход к объяснению этих свойств, определяемый взглядом на детектор, как генератор незатухающих колебаний, как приемник эл. энергии, имеющий падающую часть характеристики. Автор подходит к генерации, с помощью детектора, колебаний ультра-радиочастоты.

Что касается до влияния температуры на действие детектора, то можем указать, что Р. Крастыньш (Высшая Школа Латвии), исследование которого, сделанное в этом направлении, не было еще напечатано, пришел, согласно сообщения в частном письме к выводу. „Ток в детекторе (с минералом) меняется при существовании температурного градиента и зависит от направления градиента“.

Краткий очерк деятельности Петроградского Отделения Российского Общества Радиотехников (ПОРОРИ) в 1920 и 1921 году¹⁾.—1. В 1920 г. Петроградский группой радиоинженеров было устроено 14 заседаний. Председательствовал попрежнему проф. А. А. Петровский, секретарствовал Л. С. Термен. На 11 из этих заседаний были заслушаны доклады на специальные темы, а 3 заседания были посвящены организационным вопросам. Главная тема—работа

¹⁾ Деятельность Петроградского отделения (точнее П. группы) РОРИ за 1919 г. см. „Рад.“, 1920, № 13, стр. 337—339.

радиоустановок, создающих неза-
тухающие колебания (5 докладов);
второе место занимают методы и
приборы для измерений (4 доклада).
Наибольшее число докладов сделал
проф. А. А. Петровский (4 доклада),
затем инж. И. Г. Фрейман и Н. Н.
Циклинский (по 3 доклада). Общее
число докладов равно 14; один из
докладов сопровождался demonstra-
цией. На этих 14 заседаниях при-
сутствовало 81 член и 32 гостя, что
составляет 5,8 члена и 2,3 гостя на
заседание. Как приятную особен-
ность этого года нужно отметить
посещение Петроградской группы
членами других групп, причем один
из них С. М. Айзенштейн сделал 2
доклада.

2. Осенью 1920 г. группа приняла
участие в Первом Всероссийском
Радиотехническом Съезде в Нижнем-
Новгороде, где членами и было сде-
лано 6 докладов (почти 25% обще-
го числа, см. отчет о съезде в жур-
нале „Радиотехник“, № 13, за 1920
год). По инициативе одного из бу-
дущих членов Петроградской группы
проф. В. Ф. Миткевича на съезде
был возбужден вопрос о создании
Радиоассоциации. Зимой 1920 г.
Петросовет объявил конкурс на
изготовление специального радио-
приемника, причем обратился к Пе-
троградской группе с предложением
делегировать представителя в жюри
для рассмотрения присланных на
конкурс экземпляров. Эта роль была
предоставлена инж. Н. Н. Циклин-
скому, который и участвовал в за-
седаниях жюри.

3. В этом же году было положе-
но начало собственной библиотеки,
в основание которой проф. А. А.
Петровский дал комплект оттисков
своих работ. Для непрерывного по-
полнения библиотеки специальными
сочинениями Н. К. П. и Т. согласился
высылать издаваемые им книги и
журналы: „ТиТбп“, „Радиотехник“
и „Техника Народной Связи“. К на-
чалу 1921 г. в библиотеке уже было
зарегистрировано 38 томов и 34 на-
звания различных изданий.

4. В течение 1920 г. был утвер-
жден новый устав РОРИ, преду-
сматривающий открытие отделений
и таким образом Петроградская груп-
па приобрела самостоятельное суще-
ствование, получив сокращенное на-
звание: ПОРОРИ. В президиум
ПОРОРИ были избраны на конец
1920 г.: Председатель — проф. А. А.
Петровский, Тов. председателя —
В. В. Лермантов, Секретарь — Л. С.
Термен, Члены Совета инж. Н. Н.
Циклинский и инж. И. Г. Фрейман.

Полномочия всех вышеуказанных
лиц продолжались и на 1921 г.

5. В начале 1920 г. группа состо-
яла из 19 членов, из которых 3 по-
четных: (проф. А. А. Петровский,
В. Я. Ивановский и А. А. Реммерт)
и 16 действительных (из них 11
учредителей). С введением нового
устава вступили в члены соревно-
ватели ПОРОРИ: В. Ф. Миткевич,
П. Л. Капица, С. М. Горленко и
Д. С. Карпов. Так как проф. В. Ф.
Миткевич вскоре сделался действи-
тельным членом, то к началу 1921
г. в ПОРОРИ числилось 23 члена, из
них 3 почетных, 17 действительных
(из них 11 учредителей) и 3 сорев-
нователя.

6. Научно-техническая работа в
1921 г. не нарушалась какими-либо
чрезвычайными событиями и отде-
ление значительно окрепло. Втече-
ние этого года состоялось 8 заседа-
ний совета и 14 общих собраний (из
них 1 годовое), на которых было
заслушано 20 докладов и произве-
дено 3 демонстрации. Наибольшее
число докладов сделал проф. А. А.
Петровский (6 докладов), затем инж.
И. Г. Фрейман (5 докладов). Иног-
родних докладчиков не было. Боль-
шинство докладов касалось физиче-
ских постоянных радиосетей (7 док-
ладов) и применений электронных
трубок (5 докладов). Означенные
17 собраний посетили 132 члена и
56 гостей, или по 7,8 члена и 3,3
гостя на собрание.

7. На годовом собрании 5 февра-
ля секретарь ПОРОРИ Л. С. Термен
демонстрировал схему изобретенного

им радиомузыкального аппарата с исполнением нескольких музыкальных мелодий. Весной 1921 г. ПОРОРИ начало собираться в собственном помещении (В. О. 4 лин., № 5, кв. 4). С весны 1921 г. ПОРОРИ вошло в тесный контакт с Петроградской группой радиоассоциации (Перадияс), которая сформировалась 7 мая и устроилась в том же помещении. Летом (6—10 июля) состоялся 1-й съезд членов совета Всероссийской радиоассоциации (Всерадияс), президентом которой был избран проф. А. А. Петровский. Для популяризации радио среди широкой публики председатель, секретарь и некоторые члены ПОРОРИ прочли ряд докладов, сопровождавшихся демонстрациями. Осенью члены ПОРОРИ принимали энергичное участие в 8-м Всероссийском электротехническом съезде, на котором была образована подсекция проволоочной связи и радиотехники, фактически заменившая 2-ой Всероссийский радиотехнический съезд.

8. Библиотека ПОРОРИ продолжала пополняться, причем крупные книжные вклады сделали: Комиссия по исследованию производительных сил природы (Кепс), Главное Гидрографическое Управление и Главная Палата Мер и Весов. С 7 мая 1921 г. исполнение обязанностей библиотекаря и помощника секретаря безвозмездно приняла на себя Н. А. Петровская. К началу 1922 г. библиотека насчитывала уже 243 номера различных изданий.

9. Членский взнос на 1920 г. был 500 р., а на 1921 г. 1000 р. Экстренно возникавшие нужды покрывались из специального расходного фонда. Проверку кассы и имущества за конец 1920 и за 1921 г. произвела ревизионная комиссия, в которую входили 3 лица: инж. Г. Н. Макаревский, инж. В. И. Волюнкин и Л. Н. Салтыков.

Список докладов,

читанных в ПОРОРИ в течении 1920 года (11-ое—24-ое заседания).

1) 29/IV. Заслушан и обсужден новый устав РОРИ, выработанный в Москве.

2 и 3) 13/V и 27/V. Инж. Фрейман: „Об измерении мощности тока высокой частоты“.

4) 10/VI. а) Инж. Циклинский: „О новой предлагаемой схеме радиоприемника“. б) Проф. Петровский: „О новом виде сконструированного конденсатора для плавного изменения небольших емкостей (крышечный конденсатор)“, с демонстрацией прибора.

5) 24/VI. Инж. Сапельков: „Осдвиге фаз в машинах высокой частоты, работающих с трансформаторами частоты“.

6) 8/VII. Проф. Петровский: а) „Работа сложного незатухающего радиоотправителя“; б) „Расчет сложного незатухающего радиоотправителя“.

7) 22/VII. Организационное заседание.

8) 23/IX. а) Заслушан новый устав РОРИ с изменениями, внесенными в него РОРИ; б) Инж. Айзенштейн (ч. РОРИ): „Основы устройства мощной Шатурской дуговой радиостанции“.

9) 16/X. Инж. Циклинский: „О новом уставе РОРИ“.

10) 30/X. Проф. Петровский: „Анализ работы незатухающего радиоотправителя, снабженного умножителем частоты“.

11) 13/XI. а) Обсуждение доклада проф. Петровского; б) Инж. Айзенштейн (ч. РОРИ): „Последние новости радиотехники по зарубежным журналам“.

12) 27/XI. а) Выборы президиума и организационные вопросы; б) Л. Д. Исаков: „Об измерении динамической емкости сети“.

13) 11/XII. Инж. Фрейман: „Реферат книги Флеминга о пустотных лампах“.

14) 25/XII. а) Инж. Фрейман: „О постановке испытаний приемников Петросовета“. б) Инж. Циклинский: „О работе жюри по рассмотрению приемников Петросовета“.

Список докладов,
читанных в ПОРОРИ в 1921 году
(25-ое — 41-ое заседания).

1) 15/I. а) Проф. Петровский: „О действии усилителей“; б) Л. С. Термен: „О применении катодных реле для обнаружения и измерения очень малых изменений различных величин с демонстрацией метода интерференции“.

2) 5/II. Годовое Собрание ПОРОРИ. Радиоконцерт Л. С. Термена.

3) 19/II. Ф. А. Миллер: „О постоянных колебательных цепей“.

4) 7/IV. Инж. Фрейман: „Об измерении динамической емкости радиосети“.

5) 21/V. Инж. Фрейман: „Работа Н. М. Обухова (ч. ПОРОРИ): новый тип генератора высокой частоты“.

6) 4/VI. Инж. Слепян: „О динамических постоянных заземленного прямолинейного провода“.

7) 18/VI. а) Инж. Слепян: „Дополнение к предыдущему докладу. б) Проф. Петровский: „О I-м Совете Радиоассоциации“.

8) 2/VII. Л. С. Термен: „Об измерении слабых токов и напряжений“.

9) 30/VII. Проф. Петровский: „Анализ работы лампового генератора“.

10) 13/VIII. Инж. Макаревский: „Расчет мачт на оттяжках“.

11) 27/VIII. Проф. Петровский: „Применение формул, выведенных в предыдущем докладе, к расчету ламповой генераторной установки“.

12) 10/IX. а) Инж. Гуров: „Усилитель с сопротивлением—теория и расчет“; б) Демонстрация Л. С. Терменом „катодного музыкального прибора“.

13) 22/X. а) Проф. Петровский: „Радиопеленгование на дальних расстояниях“; б) его же: „О II-м Совете радиоассоциации и о подсекции проволочной связи и радиотехники на 8-м Всероссийском Электротехническом Съезде в Москве“.

14) 5/X. а) Инж. Фрейман: „О наимыгоднейшей форме радиосетей“; б) его же: „Сравнение дуги и машины“.

15) 19/XI. Инж. Слепян: „О сопротивлении рамочной антенны“.

16) 3/XII. Инж. Фрейман: „О законе подобия радиосетей“.

17) 17/XII. Инж. Слепян: „Одновитковые рамочные антенны“.

Проф. А. Петровский.

19 ²⁰/_I 23. Петроград.

Концерт по радиотелефону. — 22-го февраля в честь пятилетия существования Красной армии на центральной радиотелефонной станции имени Коминтерна был дан радиоконцерт.

Концерт прошел очень хорошо, что показывает масса телеграмм с мест с выражением благодарности.

Вот телеграмма из Ельца:

„Сообщаю результаты слышимости концерта 22 февраля. Один из лучших концертов, данных вами; особенно выделялись пение, виолончель и скрипка (исп. проф. консерватории Блиндер), которые произвели особое впечатление. Остальные номера исполнены великолепно, тон чистый, передача голоса ясная, дефектов никаких не замечено“.

Из Галича сообщили: „Из глухих Костромских лесов работники связи просят передать благодарность Московским артистам за данный к пятилетию Красной армии 22 февраля концерт, отлично полученный на местах“.

Но это не все. Вот радиотелеграмма из Берна (Швейцария, 2.400 верст от Москвы), сообщающая результат радиоконцерта:

„Здравствуйте, господа, Ваш радиоконцерт сильно и хорошо был слышен здесь. Был также сильно слышен на Эйфелевой башне (Париж)“.

В Европе, т. о. был отмечен юбилей Красной армии.

Для радиотелефона нет границ, установленных дипломатией!

Изв. В. Ц. И. К. № 1770 24/II. 1923 г.

НЕКРОЛОГИ. — В марте 1922 г. на 50-ом году скончался **Ф. О. Гюи**, давший массу ценных работ в области электрохимии и электротехники, напр. им применен в 1895 г. способ последовательного соединения дуг для саморегулирования, употребление катушек самоиндукции без железа и пр.

В 1903 г. он основал в Женеве „Journal de Chimie Physique“.

26 мая 1922 г. на 85-ом г. скончался **Э. Сольвей**, изобретший новый способ изготовления соды (1861 г.), открывший в Брюсселе на свои средства так наз. „Сольвеевские Институты“, созывавший научные, так наз. „Сольвеевские Съезды“ ученых.

В июле 1922 г. на 58-ом году скончался проф. Берлинского университета **Х. Рубенс**, автор многих исследований в области современной физики, открывший „остаточные“ лучи.

2 августа 1922 г. на 77-ом году скончался знаменитый **Александр Грэм Белль**, изобретший телефон (1876 г.), внесший усовершенствования в область многократной телеграфии (1870—1874). Кроме того он много работал по фотофонии, фонографии и пр.

16 ноября 1922 г. на 48-ом году скончался **Макс Абрагам**. Он ро-

дился в 1875 г. в Данциге, учился в Фрейбурге и Берлине, с 1897 г. состоял ассистентом проф. Планка, с 1900 до 1909 г. пр.-доц. в Геттингене, причем часто бывал за границей. В 1907/8 читал лекции для инженеров по электромагнитной теории Максвелла, с 1909 г. был проф. миланского Политехнического Института по кафедре рациональной механики.

В 1915 г., как немец, выехал из Италии, был в 1918 г. приглашен фирмой Телефункен для разрешения теоретических вопросов по беспроволочной телеграфии, затем читал лекции в Штуттгарте.

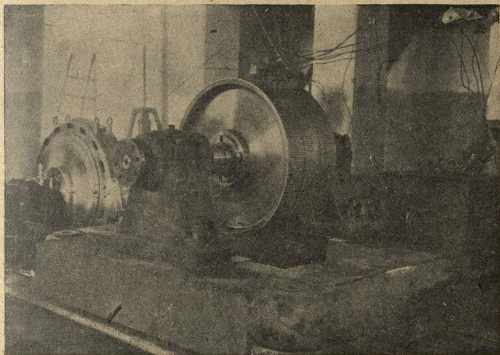
Им произведен ряд теоретических исследований в области электрических колебаний, катодных лучей и электронной теории. Он решился принять поверхность земного шара за проводник без сопротивления и тем самым ему удалось дать приблизительную, но верную картину распространения радиоволн. Приняв электрон за твердый шар, что только и было возможно по тогдашнему состоянию науки, он создал полную стройную теорию движения электронов, ввел новые понятия электромагнитной массы и количества движения. Хотя после представление об электроне, как твердом шаре и было отвергнуто, однако гипотеза Абрагама сослужила свою службу и дала новые задачи для разрешения экспериментальной физике. Во время мировой войны он разрабатывал вопрос о постройке антенн.

В 1904 г. Абрагам создал свою двухтомную „Теорию Электричества“, причем основой для первого тома послужила вышедшая на 10 лет раньше книга Феппля. Несмотря на трудность вопроса, благодаря ясности изложения и введению новых современных идей, книга прогремела на весь мир и вышла теперь уже 4-ым и 5-ым изданием.

Из жизни Нижегородской Радиолaborатории.

Торжественное заседание Радиолaborатории. — 8 января с. г. с 19 ч. происходило чествование Радиолaborатории по поводу получения ею ордена Трудового Красного знамени (см. „Титбл“ № 17, стр. 804). Собрание происходило под председательством прибывшего из Москвы замнаркомпочтеля А. М. Любовича в присутствии служащих РЛ и по-

ников во главе с М. А. Бонч-Бруевичем и покойным В. М. Лещинским, и присоединившиеся затем группы В. П. Вологодина и А. Ф. Шорина. Память В. Н. Подбельского и В. М. Лещинского и всех скончавшихся сотрудников РЛ была почтена вставанием. Затем следовали приветствия, начатые т. Любовичем. Лауреаты отвечали на них, указывая, что



Ротор 150 KW машины высокой частоты (15000 ~) В. П. Вологодина.
Силовая станция РЛ.

четных гостей, в аудитории РЛ, украшенной по случаю праздника гирляндами зелени. За столом президиума сидели представители местной власти, Нижег. Университета, Мекома и три руководителя РЛ, отмеченные ВЦИК'ом, Бонч-Бруевич, Вологдин и Шорин.

Управляющий РЛ И. В. Селиверстов доложил исторический очерк деятельности РЛ, отметив, как ее основателей, группу тверских работ-

их работа могла быть выполнена лишь при деятельном и сознательном участии их ближайших помощников и всех сотрудников РЛ.

После перерыва В. К. Лебединским была произнесена речь: „Развитие радиотехники“.

Небольшой духовой оркестр сопровождал выступления ораторов исполнением пролетарского гимна, похоронного марша, тушей и занимал присутствующих во время пе-

рерыва игрою легких музыкальных пьес.

День 9 января установлен днем

ежегодного праздника РЛ, в который она будет давать отчет о своих работах за истекший год.



Мастерская катодных реле большой мощности Нижегородской Радиолaborатории.

В лаборатории М. А. Бонч-Бруевича. — Только что закончена разработка мощной лампы без водяного охлаждения с танталовым анодом. Лампа может дать мощность до одного киловатта при анодном напряжении 5000 вольт. Эксплуатационная мощность ее $1\frac{1}{2}$ киловатта. Экземпляры таких ламп разосланы для

испытания в несколько мест, в том числе на Морской завод, в Государственный научно-технический институт, в Связь-план, в Рори и в казанскую Радиобазу.

В настоящее время происходит разработка 10 киловаттной лампы с внешним медным анодом и водяным охлаждением.

БИБЛИОГРАФИЯ.

Труды третьего с'езда Росс. Асс. Физиков в Н.-Новгороде (17—21 сентября 1922 г.). Нижг. Радиолaborатория. 1923. 112 стран. + 7 стр. чертежей.

Это издание включает в себе 85 (из 99) докладов, сделанных на с'езде, изложенных в виде авторефератов; темы их относятся к современной физике и электротехнике, включая радиотехнику. Издание

выполнено Ниж. Радиолaborаторией при материальной поддержке коллегии НКПиТ; работу по редактированию и корректуре исполнили ученые специалисты РЛ Д. А. Рожанский и В. В. Татаринов.

Склады издания в РЛ (цена 10'рб. 23 г.), в Петрограде (Сосновка, Политехнич. Институт, председ. РАФ акад. Иоффе), в Москве (Бл. Дмитровка, 22, кв. 7, Моск. Бюро Ниж. РЛ).

Инж. В. И. Баженова.—Магнетизм и электростатика, пособие для радиошкол. 70 стр. Москва. 1922 г. Книжка представляет собой ясное элементарное изложение начал электричества и магнетизма и снабжена многими рисунками.

Экспериментальные исследования по направляемому радиоприему. 36 стр. + 2 стр. чертежей. Москва. 1923 г. Книжка содержит описание целого ряда опытов, которые привели в итоге автора к изобретенной им системе направляемого радиоприема¹⁾.

Инструкция по приспособлению полевых радиостанций к радиопеленгованию по способу инж. Баженова. 15 стр. + 1 стр. чертежей. Москва. 1922 г. Книжка дает основные, так сказать, рецепты для пеленгования в практической обстановке.

Все три книги изданы Военным Ведомством и появление их можно и должно приветствовать.

¹⁾ Некоторые данные о работах В. И. Баженова по направляемому радиоприему были напечатаны у нас (см. „Рад.“ № 15 стр. 540, „ТиТбп“ № 13 стр. 310).

О П Е Ч А Т К И.

В „ТиТбп“ № 17 в статье Г. Я. Кьяндского

	Напечатано:	Следует:
стр. 706 и 707 всюду	R	K
„ 711 строка 6 св.	$1 = \frac{3a_1 \lambda}{2\sqrt{\lambda^5}}$	$1 - \frac{3a_1 \lambda}{2\sqrt{\lambda^5}}$
„ „ „ „ „	$\sqrt[3]{\frac{q}{4}a_1^2}$	$\sqrt[3]{\frac{9}{4}a_1^2}$
„ „ „ 7 см.	$-\frac{3a}{2}$	$-\frac{3a_1}{2}$

В „ТиТбп“ № 18 в статье О. Лосева.

	объясняется	объяснимо
стр. 61 строка 6 св.		найденное по ф-ле (10) тем
„ 62 „ 8 св.	находится тем точнее	точнее совпадает с най-
		денным на основании на-
		клона начала характери-
		стики,

*Корректировка 5/10 8/10
для корректировки
Окончательная к
10-ти летнему
со дня смерти
М.В.Ф.М.*

Корректуру держал С. М. Горленко.

Чертежи исполнены В. Ф. Горюновым и отпечатаны в литографии С. П. Федотова.

Издание Нижегородской Радиолaborатории.

Тираж 1000 экз.

Печатание „ТиТбп“ № 18 закончено 5 марта 1923 года.

Адрес редакции: Н.-Новгород, Радионабережная, 8.

„ТЕХНИКА СВЯЗИ“

В 1923 году

ДВУХМЕСЯЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТЕХНИКИ и ОРГАНИЗАЦИИ
ПОЧТЫ, ТЕЛЕГРАФА,
ТЕЛЕФОНА и РАДИО

Изд. Нар. Ком. Почт и Телеграфов.

по прежнему стремясь быть в фазе с жизнью, перейдет от вступления в новейшую технику связи, сделанного в 1922 г., к детализации. Открывается специальный отдел практики.

Свежая заграничная информация. Специальные статьи и популярные для начинающих Многочисленные иллюстрации и схемы.

Подписная цена на 1923 г. (за 6 выпусков)—2 руб. золотом по курсу Госбанка в день уплаты (или отправки перевода).

Том I журнала (№№ 1—5, 1921—22 г.) высылается в теч. марта 1923 г. за 15 р. (д. зн. 23 г.).

С заказами обращаться в контору журнала:

Москва, Б. Дмитровка, 22, кв. 13. Телефон, 34—12, добав. 35 и 7.

Вышел в свет № 4—5 (1922 г.). Обзоры технического и общего развития радио заграничей. Описание сверх-регенеративных схем Армстронга и др. новинок.

Отдельные №№ можно получать в лучших книжных магазинах и в киосках на станциях железных дорог.

„ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“

СТАРЕЙШИЙ В МИРЕ ЖУРНАЛ ПО ВОПРОСАМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

Выходит ежемесячно книжками.

Единственный в России научно-технический и общественный журнал, освещающий все вопросы достижений и применения электричества и электротехнической промышленности.

В Январской книжке (№ 1, 1923 г.) журнала „ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“, между прочим, помещены статьи:

Проф. Радцига—„Новейшие течения в постройке тепловых двигателей“, Академика Иоффе—„Электрическая природа материи“, проф. Чернышева—„Современное динамостроение“, проф. Коваленкова—„Современная проволочная связь“, Киселева—„Финансирование электрических предприятий“. Обзоры и рефераты новейших иностранных книг и журналов по электричеству. Жизнь электрических обществ и учреждений в России.

Цена отдельной книжки во всех книжных магазинах и у газетчиков один рубль по золотому курсу.

Подписная цена на 1 год в России—25 рублей и за-границу—40 рублей по золотому курсу.