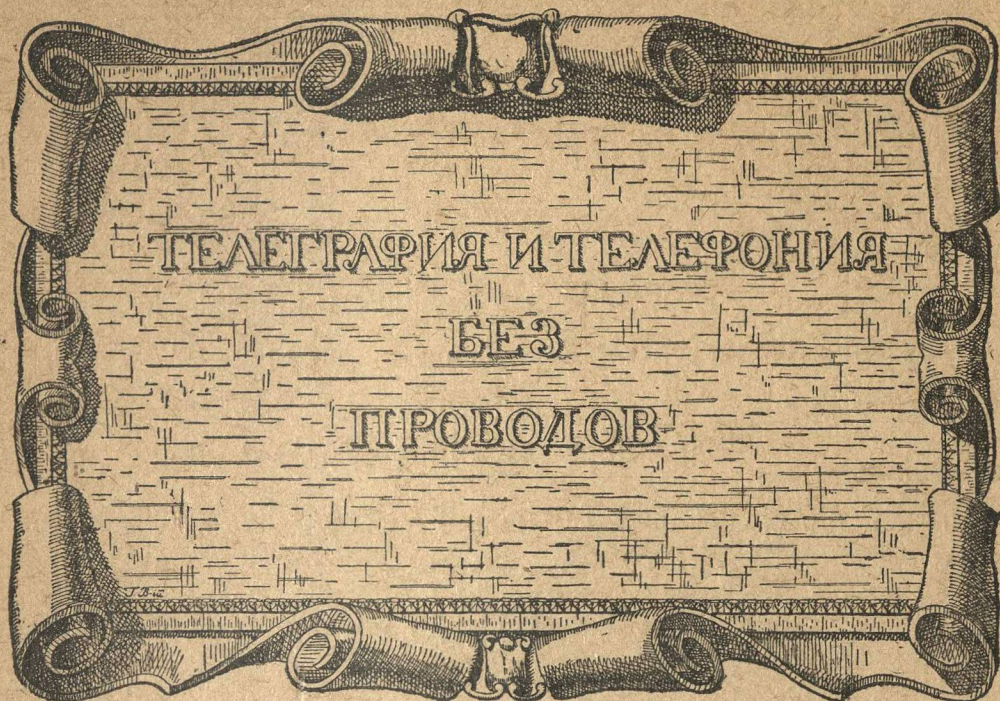




Ар. р. 6 0131

Том IX, № 4 (49), АВГУСТ, 1928

ТЕЛЕГРАФИЯ и ТЕЛЕФОНΙΑ БЕЗ ПРОВОДОВ

ТЕЛЕГРАФИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ БЕЗ ПРОВОДОВ

(Т и Т бп)

===== 10-Й ГОД ИЗДАНИЯ =====

Издание Нижегородской Радиолaborатории имени В. И. Ленина

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА „Т и Т бп“

ЛЕНИНГРАД, ВАСИЛЬЕВСКИЙ ОСТРОВ, 4 ЛИНИЯ, 5, КВ. 4. ТЕЛЕФ. 52-79.

КОНТОРА ЖУРНАЛА „Т и Т бп“

НИЖНИЙ-НОВГОРОД. РАДИОЛАБОРАТОРИЯ ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА.
РАДИОНАБЕРЕЖНАЯ, 8. ТЕЛЕФОН 20-46.

СКЛАДЫ ИЗДАНИЯ „Т и Т бп“

НИЖНИЙ-НОВГОРОД. РАДИОЛАБОРАТОРИЯ ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА.
РАДИОНАБЕРЕЖНАЯ, 8.

МОСКВА. МОСКОВСКОЕ БЮРО РАДИОЛАБОРАТОРИИ. РОЖДЕСТВЕНСКИЙ
БУЛЬВАР, 15. ТЕЛЕФОН 3-17-18.

ЛЕНИНГРАД. ВАСИЛЬЕВСКИЙ ОСТ., 2 ЛИНИЯ, 41/13, КВ. 17, ТЕЛЕФОН 170-39
И ВО ВСЕХ КРУПНЫХ КНИЖНЫХ МАГАЗИНАХ.

НА СКЛАДАХ ИМЕЮТСЯ „Т и Т бп“ №№ 21—47.

ЦЕНА ОТДЕЛЬНОГО НОМЕРА 1 руб. 25 коп.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ на 1928 год: НА ГОД—6 Р. = НА 1/2 Г. 3 Р. 50 К.

„Т. и Т. б. н.“

Ж У Р Н А Л

ТЕЛЕГРАФИЯ и ТЕЛЕФОНИЯ БЕЗ ПРОВОДОВ

ИЗДАНИЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ РАДИОЛАБОРАТОРИИ им. В. И. ЛЕНИНА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ПРОФ. В. К. ЛЕБЕДИНСКОГО и ПРОФ. А. А. ПЕТРОВСКОГО

ОСНОВАН В 1918 ГОДУ

Том IX

№ 4 (49) АВГУСТ

1928

TELEGRAFIA i TELEFONIA BEZ PROVODOV (T. i T. b. n.)

The Magazine of Wireless Telegraphy and Telephony

Published by Radio Laboratory, Nizhny-Novgorod. Founded 1918

Editors: Profs. W. K. Lebedinsky and A. A. Petrowsky

Volume IX

№ 4 (49), August, 1928

C O N T E N T S:

A. Original papers.

S. I. Panfilov and N. N. Krylov, Leningrad. Calculation and Measurement of H. F. Resistance of Coils.—N. N. Krylov, Leningrad. On Calculation of Inductance Coils.—V. I. Bashenoff, Eng., Moscow. Measurement of Radio Field Intensity (Conclusion).—A. L. Minz, Eng. and F. I. Belov, Eng., Moscow. Use of Feed-back in Radio Telephone Transmitters.—L. N. S., N.-Novgorod. The Modern Amateur Radio.—D. K. Fraget, N.-Novgorod. Clean-up of Gases in Vacuum Tubes as a Kind of Electrical Sorption.—I. S. Gonorovsky, Odessa. Description of the Radio Station RFN, Habarovsk.—A. I. Eilenkrieg, Odessa. An Attempt in Calculation of a Metal Trihedral Mast for Radio Stations.—N. D. Smirnov, Moscow. General Method for Plotting Modulation Characteristics of Radio Telephone Transmitters.—N. D. Morgulis, Kiev. Empirical Formulae for Dependence of Tungsten Resistance on Temperature.

B. Chronicle. Abstracts from Foreign Literature. Bibliography.

Subscription 6 dollars per Annum for all Foreign Countries

Address: for editorial communication—Leningrad, 34. U. S. S. R., Vass. Ostr., 4 linia, 5, kv. 4; for Subscriptions—Nizhni-Novgorod, U. S. S. R. Radionaberezhnaia, 8, Radiolaboratoria.

Содержание ТИТбп № 4 (49)

С. И. Панфилов и Н. Н. Крылов (Ленинград). Расчет и изменение сопротивлений катушек токам высокой частоты . . .	375
Н. Н. Крылов (Ленинград). О расчете катушек самоиндукции . . .	380
В. П. Баженов, инж. (Москва). Измерение излучения (оконч.). . .	385
А. Л. Минц, инж. и Ф. И. Белов, инж. (Москва). Применение обратной связи в радиотелефонных передатчиках	411
Л. Н. С. (Н.-Новгород). Современное радиомобильство	430
Д. К. Фраже (Н.-Новгород). Жестчение в электровакуумной технике, как вид электрической абсорбции	439
И. С. Гоноровский (Одесса). Описание радиостанции РФН в гор. Хабаровске	459
А. И. Эйленкриг (Одесса). Опыт расчета металлической трехгранной мачты (для радиостанции)	470
Н. Д. Смирнов, инж. (Москва). Общий метод построения модуляционных характеристик радиотелефонных передатчиков . . .	478
Н. Д. Моргулис (Киев). Дополнение к статье „Эмпирические зависимости сопротивления вольфрама от температуры . . .	485
Хроника. Русское общество радиоинженеров в Ленинграде.—Радиовещание в Закавказье	487
Из иностранной литературы. Об акустических волнах высокой частоты Г. Н. Макаревский.	488
Библиография. А. С. Грамматчиков. Мачтостроение.— A. Hund. Hochfrequenz-messtechnik	489
Новые издания, поступившие в редакцию	492

Расчет и измерение сопротивлений катушек токам высокой частоты

С. И. Панфилов и Н. Н. Крылов

§ 1. Теоретические формулы для расчета сопротивления катушек. Возможность теоретического определения сопротивления катушек для различных частот протекающего тока играет в приемной радиотехнике большую роль. Зависимость сопротивления катушки от частоты выражается, в общем виде, некоторой степенной функцией от частоты. Опыт и теория показывают, что сопротивление катушки быстро возрастает с увеличением частоты проходящего тока.

Формулой, позволяющей рассчитать сопротивление катушки при любой частоте в зависимости от ее геометрических размеров и диаметра провода, является формула, предложенная Бёттерворзом¹⁾:

$$R_{\sim} = R_0 \left[F + \frac{1}{4} \left(\frac{K \cdot N \cdot d_{cm}}{D_{cm}} \right)^2 G \right] \text{ ом}, \quad (1)$$

где F и G функции величины Z , зависящей от частоты,

$$Z = 0,1078 \cdot d \cdot \sqrt{f}. \quad (2)$$

Значения F и G по данному Z берутся из таблицы 1; K — функция геометрических размеров катушки, определяемая по кривым черт. 1; N — полное число витков катушки, d — диаметр провода в см, D — диаметр катушки в см, f — частота тока, R_0 — сопротивление пост. току в омах. Эта формула справедлива для катушек сплошной намотки, из медного провода.

Иллюстрируем практическое применение этой формулы числовым примером. Имеется катушка, у которой:

D — наружный диаметр = 3,3 см, N — число витков = 114,
 t — толщина по радиусу = 1,15 см, d — диаметр провода = 0,022 см,
 b — толщина по оси (длина) = 0,08 см, R_0 — омическое сопротив. = 3,73 Ω .

Определим сопротивление этой катушки току частоты $f = 2,98 \cdot 10^5 \frac{c}{s}$, что соответствует $\lambda = 1025 \text{ м}$:

$$Z = 0,1078 \cdot d \cdot \sqrt{f} = 1,282.$$

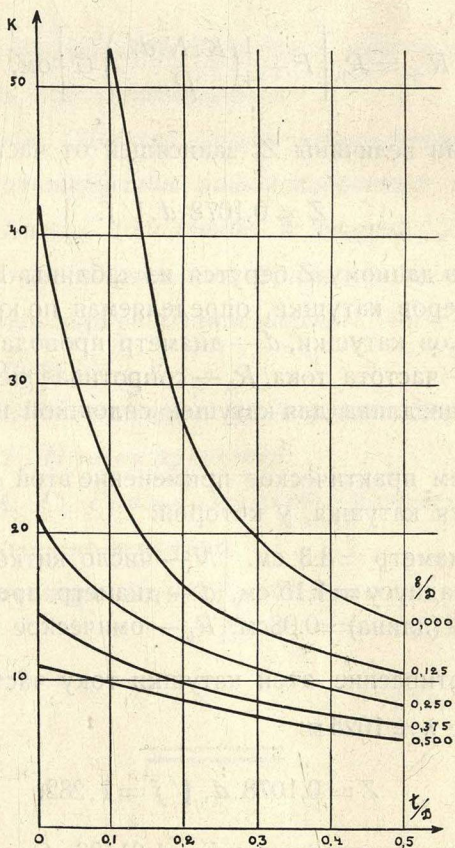
Зная Z , из таблицы 1 определим: $F = 1,01428$, $G = 0,039347$.

¹⁾ S. Butterworth, Effective Resistance of Inductance Coils of Radio Frequency, Exper. Wir. 203—210, 309—316, 417—424, 483—492, 1926.

ТАБЛИЦА 1

Z	F	G	Z	F	G	Z	F	G	Z	F	G
0,0	1,000	Z ¹	1,6	1,033	0,0863	4,2	1,752	0,618	9,6	3,658	1,510
0,1	—	64	1,7	1,042	0,1055	4,4	1,826	0,652	10,0	3,799	1,641
0,2	—	—	1,8	1,052	0,1265	4,6	1,899	0,686	11,0	4,151	1,818
0,3	—	—	1,9	1,064	0,1489	4,8	1,971	0,720	12,0	4,504	1,995
0,4	—	—	2,0	1,078	0,1724	5,0	2,043	0,755	13,0	4,856	2,171
0,5	—	0,000975	2,2	1,111	0,2214	5,2	2,114	0,790	14,0	5,209	2,348
0,6	1,001	0,00202	2,4	1,152	0,2708	5,4	2,184	0,826	15,0	5,562	2,525
0,7	1,001	0,00373	2,6	1,201	0,3184	5,6	2,254	0,861	16,0	5,915	2,702
0,8	1,002	0,00632	2,8	1,256	0,3632	5,8	2,324	0,896	17,0	6,268	2,879
0,9	1,003	0,01006	3,0	1,318	0,4049	6,0	2,394	0,932	18,0	6,621	3,056
1,0	1,005	0,01519	3,2	1,385	0,4439	6,6	2,603	0,038	19,0	6,974	3,233
1,1	1,008	0,02196	3,4	1,456	0,4807	7,0	2,743	0,109	20,0	7,328	3,409
1,2	1,011	0,06059	3,6	1,529	0,5160	7,6	2,954	1,216	30,0	10,86	5,177
1,3	1,015	0,04127	3,8	1,603	0,5503	8,0	3,094	1,287	40,0	14,40	6,946
1,4	1,020	0,0541	4,0	1,678	0,5842	8,6	3,306	1,393	50,0	17,93	8,713
1,5	1,026	0,0691				9,0	3,446	1,464			

Величина k определится из графиков черт. 1.



Черт. 1

Так как у нас: $\frac{b}{D} = \frac{0,08}{3,3} = 0,02425$ и $\frac{t}{D} = 0,3475$, то, интерполируя

по графику черт. 1, находим $k=15$. Подставив полученные величины в формулу (1), получим сопротивление катушки $R_{\sim}=8,54\Omega$.

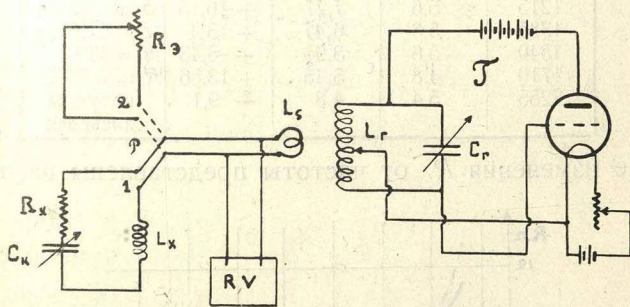
Измерение дает для этой частоты $R_{\sim}=8,20\Omega$, след. формула дает погрешность $\Delta=+4,15\%$.

Следует заметить, что при пользовании табл. 1 и графиками черт. 1, необходимо возможно точнее определять величины: F , G и k .

Случай отношения $\frac{t}{D}=0,00$ представляет расчет однослойной катушки, а случай отношения $\frac{b}{D}=0,00$ необходимо рассматривать, как тонкую (однослойную) дисковую катушку, когда $b < D$.

§ 2. Метод измерения сопротивления катушек. Укажем два способа измерения сопротивления, из которых подробно остановимся на втором. Штюрмер¹⁾ предлагает измерять сопротивление катушек по некоторому эквивалентному сопротивлению, вносимому в контур лампового генератора. Главным недостатком этого способа является то, что он не дает непосредственного отсчета измеряемого сопротивления. Второй способ, помощью которого проделана большая часть наших измерений, предложен лаборантом Ленинградск. научно-испыт. станции НКПиТ Я. О. Великиным и разработан авторами настоящей статьи.

Сущность этого способа заключается в следующем. Собирается схема черт. 2, где: T —ламповый генератор, L_s —катушка связи, RV —ламповый вольтметр, P —переключатель, R_s —эталон сопротивлений, R_x —измеряемое сопротивление (катушки), L_x —самоиндукция измеряемого сопротивления (катушки), C_k —емкость для настройки в резонанс (черт 2). Генератор дает некоторую частоту f_0 , при которой



Черт. 2

необходимо измерить сопротивление катушки. Меняя связь катушки L_s с контуром генератора, получаем на ее зажимах напряжение частоты f_0 , которое может быть измерено ламповым вольтметром RV .

Шунтируя ламповый вольтметр контуром 1, для чего переключатель P ставится в положение 1, и настраивая контур 1 в резонанс на частоту f_0 , получаем минимум отклонения стрелки лампового вольтметра.

¹⁾ L. Stürmer. Jahrb. d. dr. T. u. T., 192, Juni 1927.

При резонансе сопротивление контура I , который состоит из измеряемой катушки, с сопротивлением R_x и самоиндукцией L_x и емкости C_k , будет чисто ваттное и равно R_{xf} .

Поставив переключатель P в положение 2, шунтируем вольтметр эталонным сопротивлением R . Меняя величину R , добиваемся той же величины минимума отклонения стрелки вольтметра, что и при первом шунте. В случае равенства отклонений $R_{xf} = R$ (3).

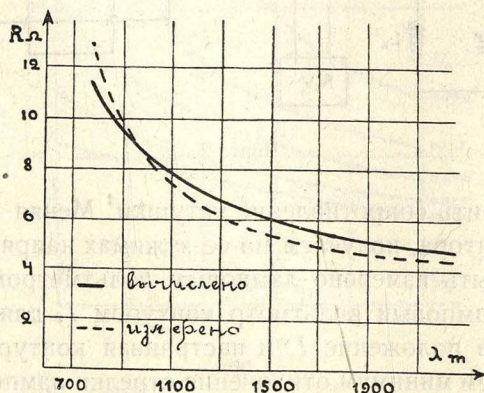
§ 3. Экспериментальная проверка расчетной формулы. Было измерено сопротивление нескольких катушек с различными геометрическими данными в диапазоне частот от $f = 2.10^4$ до $f = 4.10^5 \frac{c}{s}$ (что соответствует $\lambda = 15000$ м — 700 м) и полученные путем измерения значения R_r сравнивались с данными расчета. Измерения взаимно контролировались двумя вышеизложенными способами. В качестве источника частоты был применен генератор с микролампой. Постоянство частоты контролировалось волномером.

В таблице 2 приведены данные измерения и расчеты только для одной катушки, так как другие катушки дают сходные результаты. Таблица дает также величину погрешности расчета, которая не превышает 13,6%, что для технического расчета вполне удовлетворительно.

ТАБЛИЦА 2

Длина волны в метрах	R измерено в омах	R вычислено в омах	Погрешность ф-лы в %	Размеры катушки
795	12,5	11,4	— 8,8	$D = 3,3$ см
1025	8,2	8,54	+ 4,15	$d = 0,022$ см
1215	6,6	7,27	+ 10,15	$b = 0,08$ см
1385	5,8	6,47	+ 13,4	$t = 1,15$ см
1540	5,6	5,96	+ 6,43	$N = 114$
1710	4,8	5,45	+ 13,56	$R_0 = 3,73$ Ω
2255	5,4	4,8	+ 9,1	катушка дисковая

Кривые изменения R_r от частоты представлены на черт. 3.



Черт. 3

Измерения обнаружили, что формула Бёттерворза дает возможность рассчитывать сопротивления дисковых и цилиндрических катушек сплошной намотки для диаметров проводов больше 0,0185 см; для сотовых и корзинчатых катушек эта формула не верна.

Величина самоиндукции катушки связи L_s бралась от 30000 см до 150000 см. Измерения были произведены как при сильной, так и при слабой связи, и результаты их сходятся, но все же слабая связь дает более точные результаты. Вся экспериментальная часть настоящей работы была выполнена в Радиоотделе Ленинградской научно-испытательной станции НКПТ.

Август 1927 года

Ленинград.

О расчете катушек самоиндукции

Н. Н. Крылов

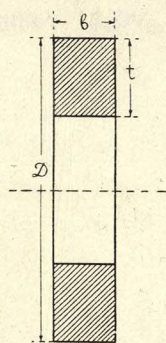
Расчет катушки самоиндукции есть согласование геометрических размеров¹⁾ с ее коэффициентом самоиндукции. Эта задача может быть решена для двух случаев: первый, когда заданы геометрические размеры и требуется определить коэффициент самоиндукции, и второй, когда задан коэффициент самоиндукции и требуется определить геометрические размеры.

Все общеизвестные формулы для расчета катушек самоиндукции дают быстрое решение вопроса в первом случае, т.е. когда геометрические размеры катушки являются заданными. Для второго случая, когда задан коэффициент самоиндукции, расчет становится уже затруднительным, так как решение вопроса связано с подбором величин, т.е. с большим количеством вариантов, что занимает довольно значительное количество времени и весьма утомительно.

Однако, на практике мы по большей части имеем дело со вторым случаем. Поэтому является необходимым иметь метод расчета, дающий быстрое решение задачи и в этом втором случае.

Приводимый ниже метод значительно облегчает этот расчет.

Разберем расчет многослойной катушки, изображенной на черт. 1; здесь D — внешний диаметр катушки, b — осевая длина катушки, t — радиальная длина катушки.



Черт. 1

Коэффициент самоиндукции катушки может быть выражен формулой²⁾

$$L_{cm} = L_0 N^2 D, \quad (1)$$

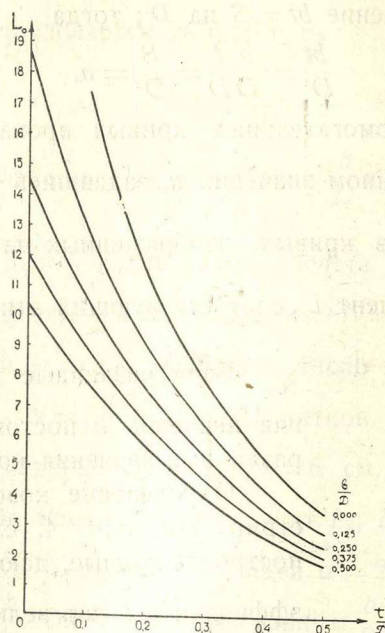
где L_0 — коэффициент, зависящий от геометрических размеров катушки, определяемый из кривых, изображенных на черт. 2; N — число витков катушки; D — диаметр катушки в см.

Расчет катушки самоиндукции мы должны произвести таким образом, чтобы ее геометрические размеры соответствовали заданному

¹⁾ Геометрические размеры катушки при заданном диаметре провода определяют число витков катушки.

²⁾ См. работу *S. Butterworth*, цитированную в пред. статье. Экспериментальная проверка этой ф-лы, произведенная автором в Ленинград. научно-испыт. станц. НКПиТ показала, что точность, даваемая этой формулой, равна 3—5%.

коэффициенту самоиндукции и удовлетворяли условию, что требуемое число витков уместится в этих размерах.



Черт. 2

Зависимость площади поперечного сечения катушки от числа витков может быть выражена формулой

$$kbt = N \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где d — диаметр провода с изоляцией, k — коэффициент заполнения, т.е. отношение площади, занимаемой проводами, к площади поперечного сечения катушки (черт. 3).

В идеальном случае $k = 0,785$, в действительности можно принять $k = 0,6 - 0,7$.

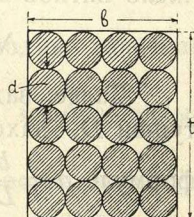
Следовательно, число витков катушки равно

$$N = \frac{4k}{\pi d^2} bt. \quad (3)$$

Если диаметр провода известен, то, задаваясь определенной величиной площади поперечного сечения катушки bt , можно определить число витков катушки.

Теперь для того, чтобы при полученном числе витков иметь заданный коэффициент самоиндукции, необходимо геометрические размеры катушки, т.е. величины b и t подобрать таким образом, чтобы были соблюдены условия

$$L_{cm} = L_0 N^2 D \text{ и } bt = S.$$



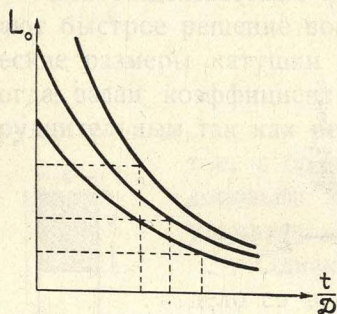
Черт. 3

Для того, чтобы производить расчет при таких условиях, построим вспомогательные графики, пользуясь кривыми, изображенными на черт. 2.

Разделим выражение $bt = S$ на D^2 ; тогда

$$\frac{bt}{D^2} = \frac{b}{D} \frac{t}{D} = \frac{S}{D^2} = a. \quad (4)$$

Построение вспомогательных кривых производится следующим образом. При постоянном значении a , задавшись величиной $\frac{b}{D}$ и определив величину $\frac{t}{D}$, из кривых, изображенных на черт. 2, мы можем определить коэффициент L_0 , соответствующий этим величинам $\frac{b}{D}$ и $\frac{t}{D}$.



Черт. 4

Беря различные величины $\frac{b}{D}$ и сохраняя значение a постоянным, мы получим различные значения коэффициента L_0 .

Определение коэффициента L_0 иллюстрируется черт. 4; следовательно можно построить кривые, дающие зависимость коэффициента L_0 от величины отношения $\frac{b}{D}$ при различных значениях a . Эти кривые изображены на черт. 5¹⁾.

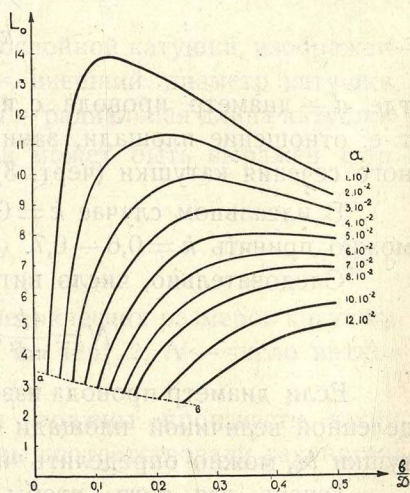
Расчет катушки при пользовании этими кривыми очень прост. Схема его представляется в следующем виде.

Пусть задан некоторый коэффициент самоиндукции катушки. Выбрав какой-нибудь диаметр провода, из которого мы хотим намотать катушку, и задавшись площадью поперечного сечения катушки bt , определяем число витков по формуле

$$N = \frac{4k}{\pi d^2} bt.$$

Далее, задавшись диаметром катушки D , находим величину a по формуле $a = \frac{bt}{D^2}$.

Определяем коэффициент L_0 по формуле $L_0 = \frac{L}{N^2 D}$.



Черт. 5

1) Пунктирная линия $a = b$ является границей этих кривых, так как конечные точки кривых, лежащие на этой пунктирной линии, соответствуют предельной величине $\frac{t}{D} = 0,5$.

Теперь, зная коэффициент L_0 и величину a из кривых черт. 5, находим отношение $\frac{b}{D}$.

Отношение $\frac{t}{D}$ определяется из формулы

$$\frac{t}{D} = \frac{a}{(b/D)}.$$

Зная диаметр катушки D и отношение $\frac{b}{D}$ и $\frac{t}{D}$, легко определить величины b и t .

Иллюстрируем изложенный метод расчета числовым примером. Пусть $L = 2 \cdot 10^6$ см. Возьмем $d = 0,5$ мм, тогда $N = \frac{4 \cdot 0,7}{3,14 \cdot 0,05^2} bt = 357 bt$. Задавшись величиной $bt = 0,72$, получаем число витков равным

$$N = 357 \cdot 0,72 = 257 \text{ витков.}$$

Задавшись диаметром катушки $D = 6$ см, получаем величину $a = \frac{0,72}{6^2} = 2 \cdot 10^{-2}$. Определим коэффициент L_0 ; $L_0 = \frac{2 \cdot 10^6}{6 \cdot 257^2} = 5,05$.

Из кривой черт. 5, соответствующей $a = 2 \cdot 10^{-2}$, для $L_0 = 5,05$ находим отношение $\frac{b}{D}$. Оно получается равным $\frac{b}{D} = 0,05$. Определим отношение $\frac{t}{D} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,4$.

Следовательно $b = 0,05 \cdot 6 = 0,3$ см; $t = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ см.

Для полного расчета катушки необходимо определить еще одну весьма важную в практическом отношении величину, а именно ваттное сопротивление катушки току высокой частоты.

Расчет ваттного сопротивления произведем по методу Бёттерворза¹⁾.

Рассчитаем ваттное сопротивление нашей катушки при длине волны $\lambda = 1450$ м, $f = \frac{3 \cdot 10^8}{1450} = 207000$

$$Z = 0,1078 \cdot 0,04 \sqrt{207000} = 1,96.$$

Зная Z из таблицы 1 предыдущей статьи, находим значения F и G : $F = 1,0724$, $G = 0,163$.

Коэффициент k для данной катушки из кривых, изображенных на черт. 6, получается равным $k = 14$.

Подставляя имеющиеся данные в формулу Бёттерворза, имеем:

$$\frac{R_{\sim}}{R} = \left(1,0724 + \frac{1}{4} \left(\frac{14 \cdot 257 \cdot 0,04}{6} \right)^2 \cdot 0,163 \right) = 24,52.$$

¹⁾ См. предыдущ. статью. Экспериментальная проверка этой ф-лы, произведенная автором в Ленингр. Научно-Испыт. Станц. НКПИТ, показала, что точность, даваемая этой формулой, равна приблизительно 10%.

Сопротивление катушки постоянному току можно легко рассчитать, определив длину провода, из которого намотана катушка.

Длина провода равна

$$l = \pi D_{cp} N = 3,14 \cdot 3,6 \cdot 257 = 2900 \text{ м.} = 29 \text{ см.}$$

Сопротивление постоянному току равно

$$R = \frac{4l}{57\pi d^2} = \frac{4 \cdot 29}{57 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2} = 4,05 \Omega.$$

Следовательно, сопротивление катушки току высокой частоты будет

$$R \sim = 24,52 \cdot 4,05 = 100 \Omega.$$

Моск. Высш. Т. У.

19/1 28.

Измерение излучения

В. И. Баженов, д. ч. ПОРИ и IRE

(Окончание со стр. 138)

IV. Измерения вдали передатчика (слабое поле)

Как уже было упомянуто в введении к этой работе, измерения напряженности радиополя вдали от передающей радиостанции, когда фактором поглощения при распространении эл.-м. волн пренебречь нельзя, являются краеугольными в современной радиотехнике. Если принять во внимание, что рассчитать мощность на приемном конце в высокой степени затруднительно вследствие того, что поглощение радиоволн зависит от большого числа причин, связанных с атмосферными условиями и вообще состоянием среды, разделяющей передающую и приемную радиостанции, то станет понятным интерес к такого рода измерениям в случае «дальнего приема». При этом следует упомянуть, что измерения напряженности радиополя в большинстве научно-технических центров ныне проводятся систематически для учета вариаций, вызываемых сезонными, суточными и другими причинами. В виду важности этой категории измерений описанию современных способов предпослшем краткий исторический обзор методов, применяющихся для целей учета энергии излучения в данном месте приема.

Под измерением напряженности радиополя вдали от передатчика разумеют исследование слабых радиополей, создающих в приемной радиосети ток порядка единиц—сотен микроампер. Непосредственные измерения тока в радиосети в этом случае возможны помощью термогальванометров или струнных гальванометров, имеющих небольшое сопротивление, а также болометров и весьма чувствительных термоэлементов. Установка и производство наблюдений с помощью таких точных приборов, редко встречающихся даже в обычной лабораторной практике, настолько сложны¹⁾, что в настоящее время повсюду, где приходится встречаться с силами тока в приемной радиосети менее 1 миллиампера (и соответственными эдс), переходят на метод сравнения или замещения.

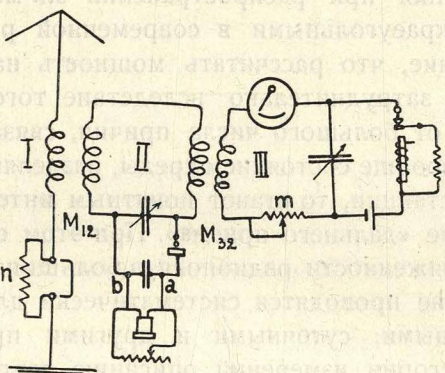
Этот метод можно подразделить на три группы: А) параллельных омов, Б) аудиокомпарирования, В) радиокомпарирования.

¹⁾ См. брошюру проф. А. А. Петровского: «Исследование радиопередачи», статью проф. И. Г. Фреймана в Титбл № 5: «Опыты по выяснению пригодности термогальванометра Дудделя для измерения силы радиоприема». обстоятельный доклад об особенностях работы с термогальванометром Дудделя был сделан в 10 общем собрании ПОРОРИ (ныне ЛОРОРИ) инж. В. С. Габелем 10 октября 1919 г. См. протоколы ЛОРОРИ.

А. Метод параллельных омов

1. Описание. При производстве измерений по этому методу того или иного эффекта от какой-либо отправительной станции, приемная станция настраивается на приходящую волну; после этого параллельно телефону, включенному в последнюю цепь приемника, вводится безиндукционный и беземкостный реостат, сопротивление которого постепенно уменьшается до получения в телефоне предела слышимости звука. Определив сопротивление реостата в данном положении $R_{ш}$ и зная сопротивление телефона R_m , находят величину коэффициента слышимости по формуле

$$A = 1 + \frac{R_m}{R_{ш}}. \quad (56)$$



Черт. 12

Затем по схеме (черт. 12) промежуточный контур приемника (II) возбуждается пищиком ¹⁾ (контур III), при чем снова устанавливается путем изменения тока I_3 или путем изменения связи II и III контуров (M_{32}) тот же коэффициент слышимости. В этом случае имеют место уравнения:

$$I_2 = I_1 \cdot \omega \cdot M_{12}, \quad I_2 = I_3 \cdot \omega \cdot M_{32},$$

откуда находим

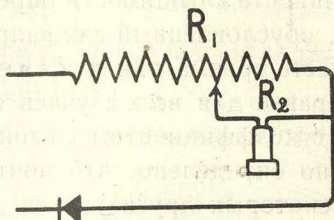
$$I_1 = I_3 \frac{M_{32}}{M_{12}}. \quad (57)$$

Уравнения (57) справедливы лишь при соблюдении условия, что в контуре III колебательный процесс того же характера, что и в радиосети от приходящей радиоволны, т.е. что частота колебаний f , групповая частота ν и декремент δ затухания одни и те же в обоих контурах. В случае приема незатухающих колебаний остается в силе только первое требование — равенство частоты f колебаний.

Зная же I_1 , сопротивление R и действующую высоту h радиосети, мы из уравнений (9) и (10) находим искомую напряженность радиополя.

¹⁾ Эта схема принадлежит Ценнеку; Остин предпочитает возбуждать зуммером радиосеть.

2. Коэффициент слышимости. Коэффициент слышимости представляет собою число, указывающее, во сколько раз надо уменьшить силу тока в неразветвленной части (т.е. первоначальную— i_g) для того, чтобы получить силу тока в цепи телефона, при которой звук, ощущаемый ухом, достигает некоторого определенного для данного наблюдателя предела. Действительно (черт. 13)



Черт. 13

$$\frac{I_{ш}}{I_m} = \frac{R_m}{R_{ш}}$$

и, следовательно,

$$A = \frac{I_{ш} + I_m}{I_m}. \quad (58)$$

В технике употребительны два предела, до которых уменьшают параллельными омами слышимость звуков в телефоне:

1) русский (французский также) коэффициент слышимости: сопротивление выводится до полного исчезновения звука в телефоне (при телеграфной работе для этого измерения обычно передают букву «ж»),

2) американский (также немецкий) коэффициент слышимости: сопротивление реостата уменьшается до тех пор, пока не сделается невозможным отличать точек от тире¹⁾.

При условии, что одно и то же лицо ведет измерение дальнего приема и градуирует коэффициент слышимости на силу тока в приемной радиосети и что физиологические и психологические параметры этого наблюдателя, определяющие степень его слуховой реакции, остаются одни и те же, метод является вполне допустимым для количественных измерений; элемент субъективной ошибки здесь возможен, но самая ошибка при соблюдении указанных двух условий невелика. Именно принципом этого метода и пользовались Остин, Фуллер, Вильдман, Рейх, Тренч и др. исследователи при установлении и проверке формул радиопередачи по земной поверхности.

При приеме на очень больших расстояниях экспериментаторы пользовались детектором с гетеродином, налагая на приходящие затухающие колебания, незатухающие от местного генератора. В этом случае также определяли коэффициент слышимости по методу параллельных омов, с последующим приведением его к обычному коэф-

¹⁾ По опытным данным проф. М. В. Шулейкина, как некоторое среднее, примерно можно считать $A_p = 2$ Ам. По данным измерений ГЭИ — $A_p = 2,1$ Ам.

фициенту слышимости (измеренному без гетеродина). Опытами Остина было установлено, что коэффициент слышимости при приеме с гетеродином получается в 4,65 раза больше, нежели в первом. Разделив A гетер. на 4,65, тем самым приводим найденную величину к приему только на детектор.

3. **Связь между A , J_2 и P_2 .** Необходимо запомнить, что одно только значение коэффициента слышимости определяет собой лишь суммарный эффект приема, обусловленный как напряженностью радиополя приходящей волны в месте приема, так и качеством приемника. Поэтому нельзя дать заранее для всех случаев формулы, связывающей силу тока в радиосети с коэффициентом слышимости, хотя Остином¹⁾ и было экспериментально определено, что почти при всех кристаллических детекторах (и некоторых других) сила звука в телефоне приближенно пропорциональна J_2^2 , например, в опытах Остина

$$J_2 = 10 \cdot 10^{-6} \sqrt{A} \text{ ампер}, \quad (59)$$

в опытах Хогана

$$J_2 = 5 \cdot 10^{-6} \sqrt{A} \text{ ампер} \quad (60)$$

в зависимости от тех приборов, которыми пользовались каждый из экспериментаторов. Коэффициент слышимости $= 1$, определяющий ток в радиосети, при котором еще можно различать сигналы (речь идет об A амер.), получился у Остина $10 \cdot 10^{-6} A$, а у Хогана $5 \cdot 10^{-6} A$.

Так как при приеме на гетеродин коэффициент слышимости увеличивался в 4,65 раз по сравнению с тем, который получается на детектор, то ясно, что при одном и том же A сила приемного тока в радиосети будет в $\sqrt{4,65} = 2,16$ меньше, нежели во втором. Поэтому для гетеродинного приема в этих двух опытах (Остина и Хогана) имеем

$$I_2 \cong 5 \cdot 10^{-6} \sqrt{A} \text{ ампер}, \quad (61)$$

$$I_2 \cong 2,5 \cdot 10^{-6} \sqrt{A} \text{ ампер}. \quad (62)$$

Другие исследователи (Фуллер, Тренч и т. д.), применяя метод параллельных омов, градуировали коэффициент слышимости на мощность, принятую радиосетью. Для этой цели необходимо кроме вышеописанной градуировки $A = f_1(J_2)$ снять также кривую $R_2 = f_2(\lambda_2)$. Результирующая зависимость выражается функцией

$$A = f_3(J_2^2 R_2) = f_3(P_2). \quad (63)$$

Фуллер (1914), для приема нзк на детектор и тиккер, нашел для своих условий измерения²⁾

$$P_2 = 3,2 \cdot 10^{-10} \cdot A \text{ ватт}. \quad (64)$$

1) Jahrb. d. dr. T. u. T. 7, 628, 1913.

2) Следует отметить, что Ценнек подверг серьезной критике возможность такой пропорциональности при приеме на тиккер.

Остин (1915), при приеме регенеративным приемником ¹⁾ и измерении способом параллельных омов, получил для случая приема на дариенской (Панамский канал) радиостанции такую зависимость:

$$P_2 = 1,23 \cdot 10^{-15} \cdot A^2 \text{ ватт}; \quad (65)$$

для случая приема на вашингтонскую сеть и приемник

$$P_2 = 0,35 \cdot 10^{-15} \text{ ватт}.$$

Искомая напряженность радиополя легко может быть найдена, если известна зависимость $P_2 = f(A^2)$:

$$P_2 = J_2^2 R_2 = aA^2 \text{ (в общей форме)} \quad (66)$$

$$J_2 = \frac{\sqrt{a} \cdot A}{\sqrt{R_2}} \quad (67)$$

$$E_2 = \frac{J_2 R_2}{h_{2e}} = \frac{\sqrt{a} \cdot A \cdot \sqrt{R_2}}{h_{2e}} \frac{\text{вольт}}{\text{метр}} \quad (68)$$

4. Значение A для различных условий радиосвязи. В связи с изложенным уместно привести цифры различных экспериментаторов относительно A и J_2 , требующихся в различных случаях практики для получения радиотелеграфной связи той или иной степени надежности. Обычно различают две категории надежности приема: 1) связь только что возможная; 2) связь уверенная.

Для соотношения мощностей (или сил тока) в приемной радиосети в этих двух случаях различные экспериментаторы дают такие цифры:

1) Остин (прием на детектор, отсутствие помех):

$$\frac{J_2^{II}}{J_2^I} = 4 \left\{ \begin{array}{ll} \text{для I категории приема} & J_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ амп. } [A = 1]; \\ \text{» II » » »} & J_2 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ » } [A = 16]. \end{array} \right.$$

2) Хоган:

$$\frac{J_2^{II}}{J_2^I} = 4 \left\{ \begin{array}{l} \text{для I категории (прием на детектор, отсутствие помех)} \\ \quad J_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ амп. } [A = 1] \\ \text{(то же у Остина при приеме с гетеродином);} \\ \text{для II категории (прием на детектор, отсутствие помех)} \\ \quad J_2 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ амп. } [A = 16] \\ \text{(то же у Остина при приеме с гетеродином);} \\ \text{для I категории (прием на детектор с гетеродином, отсут-} \\ \quad \text{ствие помех)} \\ \quad J_2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ амп. } [A = 1]; \\ \text{для II категории (прием на детектор с гетеродином, отсут-} \\ \quad \text{ствие помех)} \\ \quad J_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ амп. } [A = 16]. \end{array} \right.$$

¹⁾ Об изменениях в схеме параллельных омов в случае применения ее к регенеративным цепям см. далее.

При средних атмосферных разрядах по опытам Хогана имеют место следующие зависимости:

а) телеграммы могут быть читаемы при $A = 25$; это соответствует, сообразно трем различным приемным устройствам (Остина; Остина — с гетеродином или Хогана — без гетеродина; Хогана с гетеродином), трем значениям силы тока в приемной сети:

$$J_2 = 50, 25 \text{ и } 12,5 \times [10^{-6}] \text{ ампер;}$$

б) совершенно уверенный обмен сообщений при $A = 100$, т.-е.

$$J_2 = 100, 50 \text{ и } 25 \times [10^{-6}] \text{ ампер;}$$

в) для коммерческой работы и большой скорости ручной работы: $A = 500$, т.-е.

$$J_2 = 225, 112,5 \text{ и } 56,25 \times [10^{-6}] \text{ ампер.}$$

3) Тренч, в противоположность первым двум авторам (особенно Остину), считает, что для уверенного обмена в несколько тысяч слов в сутки необходимо, чтобы J_2 для II категории было в 8 раз более J_2 для I категории приема. Но так как в его приемном устройстве цифра I категории определена $5 \cdot 10^{-6}$ А, то в результате для значения J_2 II категории приема получается та же цифра, что и у Остина: $J_2^{II} = 40 \cdot 10^{-6}$ ампер.

4) Что же касается определения наименьших коэффициентов слышимости, при которых возможна связь для данного состояния атмосферных помех, то в зависимости от последнего может быть приведена следующая таблица:

I группа:	слабые разряды; наименьшее $A = 11$;			
II	»	средние	»	$A = 21 - 31$;
III	»	сильные	»	$A = 61$;
IV	»	очень сильные разряды; наименьшее $A = 251 - 501$;		
V	»	чрезвычайно сильные грозовые разряды: связь невозможна.		

В связи с этим интересно сопоставить следующие цифры из русской практики технических условий на маломощные радиостанции:

а) в 1910—1920 гг. нормальной дальностью действия (днем, летом) для двух однотипных радиостанций считалось то расстояние, при котором достигалось $A = 11$;

б) в 1921—1924 гг. при тех же условиях дальность определялась получением на приемной радиостанции $A = 16$;

в) с 1925 г. требование возросло до цифры $A = 61$, при всех прочих равных условиях.

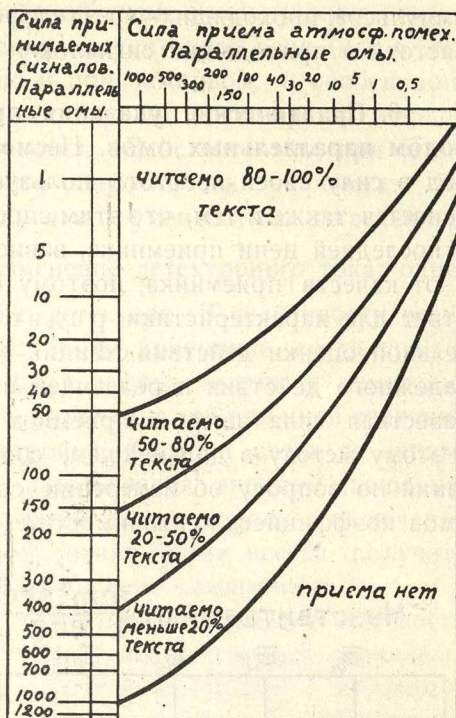
Фирмой Телефункен экспериментальным путем определена зависимость между силой приема сигналов и атмосферных помех; она изображена на черт. 14 в параллельных омах, с указанием качества приема в процентах читаемого текста.

5. Сокращенный метод параллельных омов. Описанным методом параллельных омов производится измерение коэффициента слышимости в диапазоне от 1 до 15000 (Остин). При очень большой слышимости

принято включать определенной величины сопротивление в приемную радиосеть, которое при переводе затем наблюдаемых A в J_2 и E_2 соответствующим образом учитывается.

Если бы метод применялся на практике всегда в тех формах, которые были описаны выше, т. е. каждый раз производилась бы градуировка A на J_2 (и E_2), то он, несмотря на присущий ему некоторый субъективизм, мог бы считаться одним из простых способов измерения E_2 (через J_2). К сожалению практика еще недавнего времени за границей и до сих пор в СССР понимала под методом параллельных омов простые измерения коэффициента слышимости, ограничиваясь в ряде даже ответственных измерений определением только величины A ¹⁾ — русского или американского, в зависимости

от страны. В таком варианте этот способ следует признать грубо субъективным, вследствие индивидуальности восприятия разными наблюдателями одного и того же слухового ощущения (того или иного предела, см. выше); больше того, одно и то же лицо в разное время в зависимости от его психологического и физиологического состояния и от высоты тона слышимого в телефон звука ²⁾ может давать весьма различные показания при определении параллельными омами одного и того же предела. Установлено, что вследствие значительности ошибок, вводимых в такой «сокращенный метод параллельных омов» личным уравнением экспериментатора, измерения одной и той же величины могут дать при наблюдении несколькими экспериментаторами разницу в сотни процентов, при повторном одновременном наблюдении одним и тем же лицом в 20—40%. Кроме того, в случае приема на детектор, к этому недостатку присоединяется также известное непостоянство чувствительности, зависящее, в частности, от изменения их нагрузки; вообще же цифры измерения будут зависеть от частоты, формы кривой



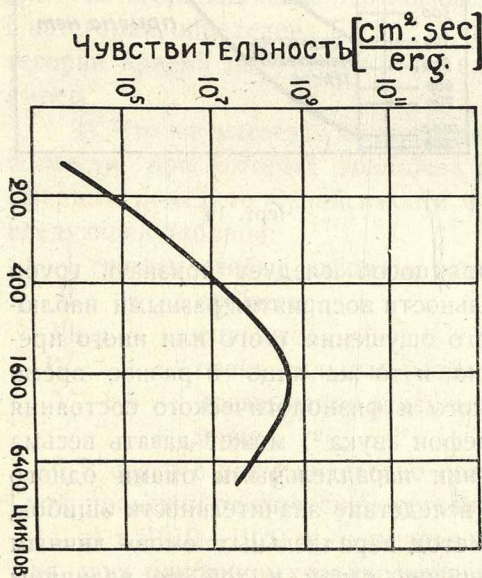
Черт. 14

¹⁾ Лет 10 тому назад было распространено еще более неправильное определение: «сила приема в омах», т. е. величина $R_{ш}$, часто без указания R_m — сопротивления телефона, которым производилось измерение.

²⁾ На черт. 15 изображена кривая чувствительности правого и левого уха одного и того же экспериментатора к различного рода тонам.

импульсов, проходящих через телефон, постоянных телефона и групповой частоты ν приходящих сигналов.

6. Практические указания при пользовании сокращенным методом параллельных омов. Несмотря на эти крупные недостатки, метод в силу своей простоты пользуется популярностью. Последняя объясняется также и тем, что этим способом измеряется суммарный эффект в последней цепи приемника, зависящий и от поля в месте приема E_2 , и от качеств приемника; поэтому он дает быстрый, хотя и неточный ответ для характеристики радиосвязи в целом или для относительной оценки действия станций в различных условиях, когда мерилom надежного действия передающей и приемной станции устанавливается известная сила звука в приемном телефоне. Чтобы не возвращаться к этому методу в дальнейшем, сообщим здесь ряд практических указаний по вопросу об измерении сокращенным методом параллельных омов коэффициента слышимости.



Черт. 15

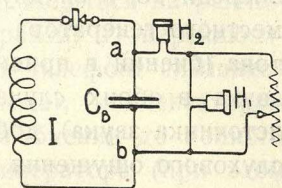
1) Прежде всего следует заметить, что логика требует постановки в формулу (59) не R_T , а $Z_T = \sqrt{R^2 T + \omega^2 L^2 T}$, т.-е. полного сопротивления телефона. Так и поступали Тэйлор и Блаттермен (1915), измеряя слышимость радиостанции, работавшей с групповой частотой $\nu = 700$, причем Z_T оказалось при этой ν равным 3.200Ω (почти вдвое больше сопротивления постоянному току); в большинстве же случаев практики при вычислении A принимают в расчет лишь сопротивление телефона постоянному току.

2) При производстве измерения всегда следует идти в одном и том же направлении изменения силы звука (Тейковцев): иначе тот или иной предел звукового ощущения будет получаться при разных положениях параллельно включаемого сопротивления, в зависимости от того, подходит ли экспериментатор к нему со стороны пропадания звука (рекомендуется инженером Тейковцевым) или со стороны наиболее громких звуков (при выключенном реостате). Ясно, что измерения должны производиться всегда при одной и той же внешне-звуковой обстановке (принято измерять при возможно полной тишине кругом).

3) Реостат должен иметь безиндукционную и беземкостную намотку для токов звуковой частоты; обычная бифилярная намотка часто бывает непригодна.

4) Всегда следует стремиться к такой схеме и конструкции приборов, чтобы общее полное сопротивление ¹⁾ детекторной цепи (как в случае кристаллического детектора, так и при ламповом, в особенности регенеративном приеме) оставалось постоянным, несмотря на изменение сопротивления параллельного реостата. Действительно, при схеме (черт. 12), после включения некоторого сопротивления на реостате R_w первоначальное сопротивление между a и b уменьшится до величины $\frac{R_T \cdot R_w}{R_T + R_w}$; это вызовет дальнейшее изменение детекторного тока; одновременно изменится и напряжение на детекторе. В особенности резко сказывается это явление при регенеративном приемнике, когда шунтирование включенного в анодную цепь телефона вызывает изменение в силе звука, так что после каждого включения той или иной величины параллельных омов требуется подстройка обратной связи до наилучшего, при новых условиях сопротивления анодной цепи, положения. Длительным путем последовательных подстроек и включений разной величины параллельных омов можно почти всегда получить «неправильный» (преувеличенный) коэффициент слышимости.

Эти затруднения устраняются различными схемами; в частности Остин при измерениях E_2 с ламповым приемником по методу параллельных омов включал в анодную цепь реактивную катушку с железом и последовательно с нею в ту же цепь телефон, который и шунтировался. Не вдаваясь в детали этих схем, укажем наиболее простую и распространенную: включение в детекторную цепь (или анодную при ламповом приемнике) двух телефонов, причем шунтируется параллельными омами только один (черт. 16); другой остается постоянно включенным в цепь, причем его высокое индуктивное сопротивление, остающееся неизменным во все время измерений, как бы сглаживает, по отношению к главной цепи, те вариации сопротивления, которые получаются в цепи $H_1 - R_w$. В то же время второй, не шунтируемый телефон представляет то удобство, что легко позволяет контролировать, работает ли на передачу или нет, или что передает радиостанция, коэффициент слышимости которой измеряют.



Черт. 16

При более точных измерениях в неразветвленную часть цепи можно включать чувствительный гальванометр для контроля сохранения постоянной величины тока сигнала.

Другая возможная схема (Бюро Стандартов—САСШ) состоит в том, что в детекторную (анодную) цепь включается R , состоящее из двух частей: фиксированного R_1 и переменного R_2 ; телефон шунтируют этой последней частью.

Возникает вопрос, нельзя ли заменить при измерении слышимости телефон гальванометром; этого сделать нельзя, ибо отсчет по гальва-

¹⁾ Ср. Листов. «Радиотехник» № 7, 199, 1919.

нометру определяется постоянной слагающей детекторного тока, в то время как слышимость зависит в конечном счете от переменных слагающих того же тока. По опыту Ценнека, два кристаллических детектора, дававших равные отклонения гальванометра, показали при измерении слышимости, разнящиеся на несколько сот процентов. В том случае, когда детектором служит лампа, такая замена шунтированного телефона гальванометром вполне возможна. Гальванометр с детектором соединяются трансформаторно с одной цепью, в которой остается включенным телефон. В этом случае гальванометр защищен от постоянного анодного тока; все изменения этого тока, действующие на телефон, передаются и во вторую цепь, где они будут выпрямлены детектором и вызовут отклонение гальванометра. Для случая аудионного приема отклонения последнего приблизительно пропорциональны четвертой степени тока в приемной радиосети; для регенеративного приема — второй степени того же тока. Из этого следует, между прочим, что ток в телефоне пропорционален: в первом случае квадрату, а во втором — первой степени силы тока в антенне. Такими методами Остин измерял силы тока в приемной радиосети порядка $4 \cdot 10^{-9}$ А.

Б. Аудиокомпараторы

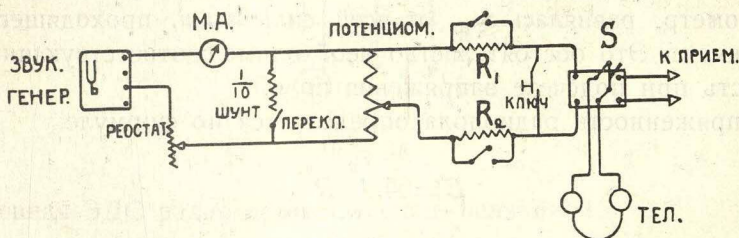
Взамен несовершенного метода параллельных омов Остин предложил прибор, названный им телефонным компаратором¹⁾. Принцип действия его состоит в том, что один и тот же телефон включается по очереди то в анодную цепь приемника (регенеративного), то в цепь местного генератора звуковой частоты. Подбирая одинаковую высоту тона (биений в приемнике и местного генератора) и одинаковую силу звука в обоих случаях (путем регулировки энергии цепи местного источника звука), добиваются в обоих случаях одинакового эффекта слухового ощущения. Определив при этом I_T , силу тока в телефоне, и зная градуировку телефонного тока в функции от тока в приемной радиосети (произведенную по сигналам известной интенсивности или от местного генератора радиочастоты), заключают далее и о напряженности радиополя в данном месте приема. Эта схема в дальнейшем называется «аудиокомпаратор», так как при измерениях напряженности радиополя местным источником энергии является аудиогенератор.

Принципиальная разница этого метода от метода параллельных омов (в полной форме последнего) заключается в том, что в ранее описанном способе полученный в приемнике звуковой эффект понижается до того или иного предела, который ухом наблюдателя определяется с весьма малой точностью, так как пределы эти лежат почти на границе слуховых ощущений. В аудиокомпараторе же, если не считать небольшого изменения по высоте тона биений, эффект в телефоне от принятого сигнала остается неизменным, и местный источник

¹⁾ Измерения им помощью этого прибора производились еще в 1922 г., описаны же им впервые в 1924 г.

звуковой частоты регулируется в своей энергии таким образом, чтобы сила звука в телефоне при обоих переключениях его (на приемник и на местный генератор) оставалась одна и та же; в случае сигналов средней и громкой (см. далее) интенсивности ухо экспериментатора делает это последнее «приравнивание» с значительно большей точностью (от 3 до 5% по Остину). Элементы субъективизма, сохранявшиеся в предыдущем методе (когда требовалось производить для точности градуировку $J_2 = f(A)$ для каждого из экспериментаторов отдельно) здесь отпадают почти совершенно.

а) **Описание схемы аудиокомпаратора.** Принципиальная схема аудиокомпаратора, предложенная Остином и принятая международной ассоциацией научного изучения радио (*URSI*), изображена на черт. 17.



Черт. 17

Процесс измерения сигналов (прием должен производиться на регенеративный приемник) происходит следующим образом: 1) переключатель S ставится направо (положение 2), причем в телефоне слышится некоторый звук биений (обычные условия приема); конденсатором (верньером) приемника регулируется высота тона биений до полного совпадения с таковой же местного звукового генератора (при этом переключатель ставится попеременно то в 1-е, то во 2-е положение).

2) Переключатель S ставится налево (положение 1): потенциометром производится регулировка силы тока, проходящего в телефон, до тех пор, пока звук не окажется одинаковой интенсивности при обоих положениях переключателя.

Процесс измерения закончен; делаются наблюдения силы тока по миллиамперметру и того деления потенциометра, при котором достигнута одинаковость силы звука в телефоне при обоих положениях S ; эти цифры необходимы для вычисления J_m , т.е. силы тока, проходящего через телефон. Миллиамперметр часто заменяется термоэлементом с гальванометром.

Для случая приема затухающих колебаний необходимо иметь прием на «чистый тон» без искажений последнего, вызываемых обратной связью.

Если сигналы слишком сильны, то рекомендуется головные телефоны сдвинуть вперед с ушей для ослабления звукового впечатления; наиболее точно измерения производятся при средней интенсивности звука.

Антенна приемной сети должна быть настроена. Необходимо контур антенны и промежуточный контур настраивать на приходящую волну при очень слабой связи между ними, затем для получения наилучшей слышимости усиливать связь вторичной катушкой, *оставляя настройку контура антенны без изменения.*

Получающееся между ползунками потенциометра напряжение подводится через одно или два «компенсирующих» сопротивления к переключателю телефонов. Эти сопротивления порядка 100000 Ω должны делать незаметными изменения полного сопротивления телефона, получающиеся вследствие прохождения тока различных звуковых частот.

В случае приема очень слабых сигналов необходимо потенциометр зашунтировать сопротивлением с помощью переключателя, при чем шунт выбирается таким, чтобы сила тока, проходящего через потенциометр, равнялась $\frac{1}{10}$ от всей силы тока, проходящего через термоэлемент. Это обстоятельство необходимо соответствующим образом учесть при подсчете напряжения поля.

Напряженность радиополя определяется по формуле

$$E = A \cdot J_{зв.}^{\kappa} R_{пот.}^{\kappa} \quad (69)$$

В этой формуле: $J_{зв.}^{\kappa}$ — сила тока звуковой частоты — определяется из графика по делениям гальванометра во время наблюдения; $R_{пот.}^{\kappa}$ — сопротивление потенциометра, которое отсчитывается тогда же после приведения к равенству сил звуков в обоих положениях среднего переключателя; A — постоянная, входящая в формулу (69), определяется нижеописываемым образом.

Для получения искомой величины E пользуются экспериментальным результатом (Остин), что телефонный ток J_m , при приеме помощью биений, пропорционален квадратному корню из мощности, воспринимаемой радиосетью от сигнала (см. выше, п. А, § 6), т.-е.

$$\sqrt{P_2} = B J_m, \quad (70)$$

где B — постоянная, зависящая от данной обстановки приема. Следовательно:

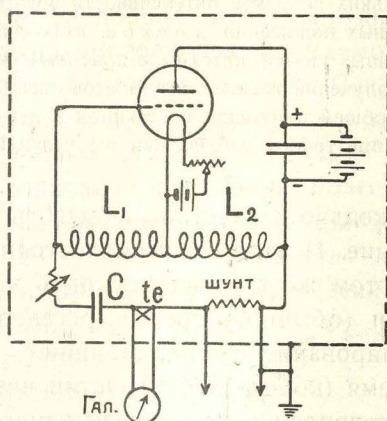
$$P_2 = \frac{E^2 h_e^2}{R_A} \text{ и } E = \frac{\sqrt{P_2 R_A}}{h_e} \quad (71)$$

и окончательно

$$E = \frac{B J_m \sqrt{R_A}}{h_e} \quad (72)$$

β) **Определение постоянной В.** В колебательном контуре хорошо экранированного гетеродина (или другого местного генератора радиочастоты) должны быть установлены измерительный прибор и безиндукционное и беземкостное эталонное сопротивление определенной

величины (порядка 1Ω); гетеродин должен давать колебательный ток силой $0,5—5 \text{ мА}$. Это сопротивление включается в приемную антенну по схеме черт. 18; таким образом в приемную радиосеть вводится



Черт. 18

определенная ЭДС радиочастотного тока величиной

$$E = Eh_e = J_p \cdot R_{эм}.$$

Убедившись в отсутствии непосредственного воздействия на антенну от местного радиогенератора (провода, подводящие высокую частоту от местного радиогенератора к компаратору, должны быть тщательно экранированы), определяют силу тока от звукового генератора $J_{зв.}^A$ и $R_{пот.}^A$ — отсчет на потенциометре, после приравнения сил и высот звуков от аудио и радио-генераторов.

Исходя из того, что $E = A \cdot J_{зв.}^A \cdot R_{пот.}^A$, или иначе

$$\frac{J_p \cdot R_{эм}}{h_e} = A \cdot J_{зв.}^A \cdot R_{пот.}^A, \quad (73)$$

имеем следующее выражение для A :

$$A = \frac{J_p \cdot R_{эм}}{I \cdot R_{зв.} \cdot h_e} = \frac{I_p}{I \cdot R_{зв.} \cdot h_e}, \quad (74)$$

так как обычно выбирают $R_{эм} = 1 \Omega$.

Таким образом постоянная данного приемного устройства A , будучи раз тщательно определена, позволяет весьма удобно пользоваться формулой (69) для вычисления значений напряженности радиополя электромагнитной волны.

Примечание. Величины, взятые со значком A , получаются при измерении постоянной приемного устройства. Величины же со значком K относятся к наблюдениям, сделанным при приеме измеряемой радиостанции. Величина h_e вычисляется

по обычным формулам (см. выше) или же измеряется специальными методами. Постоянная A определяется точно для той схемы приемника, по которой производилось измерение данной радиостанции, причем постоянную надо определять отдельно.

- 1) Для каждой катушки и различных положений конденсатора приемника.
- 2) Для нескольких порядков интенсивности воспринимаемых сигналов.
- 3) Для различных положений джеков, включающих компенсирующие сопротивления, различных связей антенны с приемным контуром, причем следует заметить, что для получения точных результатов связь с антенной должна быть наиболее слабой. В общем измерение постоянной A для данной радиостанции должно производиться при точном соблюдении тех условий, в которых исследуется эта радиостанция.

Величина A несколько меняется от высоты звука, при которой производится измерение. Поэтому снятие постоянной должно производиться при одном и том же порядке звуковой частоты и той же степени обратной связи (обычно — предел регенерации), при которой производится компарирование данной станции.

В последнее время (конец 1926 г.) Остин ввел в описанный метод аудиокомпарирования поправку для случая измерения во время помех, напряженности которых значительно превышают таковые же радиополя сигнала; в этом случае получается кажущееся уменьшение силы сигнала. Поправка эта заключается в том, что при каждом измерении производится наблюдение искусственного сигнала той же самой кажущейся силы, как и радиосигнала, но измеряемого дважды: при наличии помех и без таковых. При этом определении искусственный сигнал вводится непосредственно во вторичную цепь приемника (не через антенну) от слабо с последним связанного местного генератора радиочастоты. Сперва антенна остается в нормальном положении, так что помехи принимаются одновременно с искусственным сигналом; затем антенна заменяется искусственной антенной с точно теми же постоянными, а связь со вторичной цепью приемника регулируется таким образом, что тон биений остается без изменения при переключении с одного положения на другое.

В. Радиокompараторы

Принцип радиокompарирования характеризуется следующими положениями:

1) Приемник с соответствующим усилителем, соединенный с замкнутой или открытой радиосетью, настраивается на волну радиостанции, напряженность радиополя которой измеряется; при этом отмечается — эффект в той или иной цепи (обычно — последней) приемного устройства.

2) По устранении действия на приемное устройство сигналов измеряемой радиостанции, возбуждают ту же радиосеть (или часть ее, или эквивалентную радиосеть) местным генератором радиочастоты на той же самой длине волны; этот генератор должен позволять точное измерение энергии, отдаваемой во внешнюю цепь.

3) Регулируют тем или иным способом силу тока, возбуждаемого в приемном устройстве местным радиогенератором так, чтобы эффект

на выходном конце устройства получался тот же самый, что при измерении по п. 1.

4) Учитывая ЭДС, вводимую в приемное устройство местным генератором при выполнении условия 3, определяют путем расчета искомую напряженность радиополя сигнализирующей радиостанции.

Родиной идеи радиокомпараторов, повидимому, так же как и для аудиокомпараторов, следует считать С. Шт. Сев. Америки. Хронологически первым применил в измерениях радиокомпаратор с широким использованием электронных ламп Энгленд (1917 г. Вестерн Электрик К-о). Однако идея радиокомпарирования более старая, чем аудиокомпарирования, принадлежит все тому же Л. Остину (1911 г., Бюро Стандартов С.-А. С. Ш.); некоторое сходство с нижеописываемым можно найти и в ранее изложенном методе Ценнека (отд. А, § 1).

В приемную сеть AE (черт. 19) вводится термозлемент T с гальванометром G_1 ; параллельно детектору D располагается чувствительный гальванометр G_2 . Сперва радиосеть настраивается на приходящую волну (для чего гальванометр G_2 временно заменяется телефоном) и затем наблюдается на G_2 отклонение α_1 . Затем, по прекращении подачи сигналов, радиосеть возбуждается с помощью местного колебательного контура I , работающего от пищика и настроенного в резонанс. Хотя связь этого возбуждающего контура с сетью устанавливается и слабой, но все же таковой, чтобы получить отклонение α_2 гальванометра G_1 , не дававшего его при действии приходящей волны.

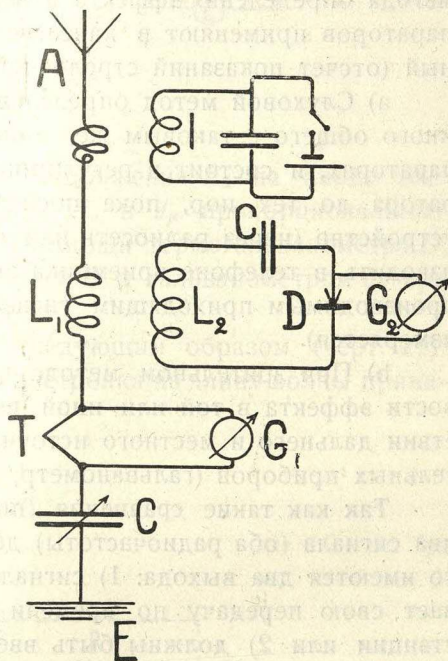
Если произвести одновременный отсчет α_2 показаний G_2 и α_1 на гальванометре G_1 , то, допуская пропорциональность их квадрату силы тока и обозначая через J_1 неизвестную пока силу тока в радиосети при первом измерении и через J_2 (соответствующую α_2) при втором, можно написать

$$\alpha_1 = k J_1^2; \quad (75)$$

$$\alpha_2 = k J_2^2; \quad (76)$$

$$J_1 = J_2 \sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_2}}. \quad (77)$$

Здесь коэффициент k учитывает соотношение между силой тока в радиосети и в детекторном контуре.



Черт. 19

Существующие конструкции радиокомпараторов, удовлетворяя изложенному выше принципу компарирования, отличаются одна от другой целым рядом, иногда существенных, деталей и методов достижения условий, перечисленных выше в п. п. 1—4. Систематизируем их в порядке изложенных выше операций.

Выбор приемника. Как общее правило, для измерения слабого поля этим методом выбирается одна из многоламповых схем; чаще всего супергетеродинный приемник; встречаются схемы приема и только по радиочастоте и обычного приема, с несколькими ступенями высокой частоты, детекторной лампой и иногда усилением низкой частоты. Операции с таким приемным устройством общеизвестны.

Методы определения эффекта на выходном конце. Что касается метода определения эффекта в нем, то существующие типы радиокомпараторов применяют в качестве таковых или слуховой или зрительный (отсчет показаний стрелочного прибора) метод.

а) Слуховой метод определения эффекта в выходном конце имеет много общего с таковым же, описанным ранее в главе об аудиоконпараторах, и состоит в регулировании мощности местного радиогенератора до тех пор, пока последний, воздействующий на приемное устройство (через радиосеть или эквивалент последней), не будет производить в телефоне приемника звук одинаковой силы с таковым же, производимым приходящим сигналом (напряженность поля которого измеряется).

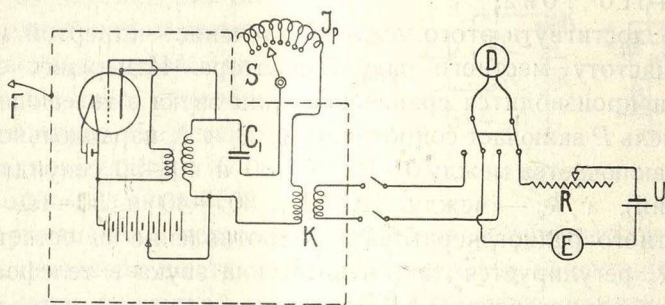
б) При зрительном методе индикатором для показания одинаковости эффекта в той или иной цепи приемного устройства при действии дальнего и местного источника служит один из электроизмерительных приборов (гальванометр, ламповый вольтметр и т. д.).

Так как такие сравнения (по обоим методам) невозможны, если два сигнала (оба радиочастоты) действуют одновременно на приемник, то имеются два выхода: 1) сигнализирующая радиостанция согласовывает свою передачу по времени с экспериментатором на приемной станции или 2) должны быть введены приспособления, позволяющие производить быстрое переключение между этими двумя источниками ЭДС.

І в а р и а н т. 1) Де-Бельсиз, например, еще в 1918 г. применял для этой цели послышки тире продолжительностью 2-3 секунды через такие же равные интервалы времени, во время которых экспериментатор слушает местный источник.

2) К тому же способу компарирования прибегали экспериментаторы на крейсере «Альдебаран», совершившем кругосветное путешествие, в течение которого производились измерения напряженности радиополя от станций Лиона и Нанта: этот метод (слухового сравнения при местном источнике радиочастоты) является довольно характерным для западной Европы 1918—1922 гг. и в качестве такового далее описывается вкратце.

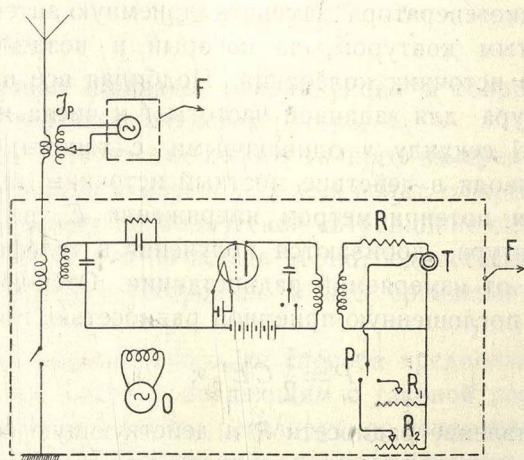
Схема местного радиогенератора дана на черт. 20; для воздействия на приемное устройство он снабжен специальной катушкой связи, имеющей точно фиксируемое каждый раз положение относительно такой же катушки связи приемника. Мощность, индуктированная в приемном устройстве, может быть изменена путем изменения силы тока J_p радиогенератора или числа витков n катушки связи S . Изменение



Черт. 20

силы тока J_p достигается изменением напряжения E_a на аноде электронной лампы (практически величины E_a и J_p пропорциональны). Градуировка $J_p = f(E_a)$ получается при помощи термогальванометра D , соединяемого со вспомогательной батареей U и гальванометром E , при помощи переменного сопротивления R .

Самые измерения производятся следующим образом (черт. 21): в течение первой минуты производится настройка на длину волны при-



Черт. 21

маемой радиостанции; сигналы второй и третьей минуты служат для синхронизации сигналов принимаемой станции и сигналов местного радиогенератора с таким расчетом, чтобы последний давал тире, приходящиеся между 10—20 й, 30—40-й и 50—60-й секунды четвертой, пятой

и шестой минут. При этом условии в телефоне будет получаться непрерывный звук частоты биений, получающихся, с одной стороны, благодаря сложению колебаний гетеродина O и сигналов принимаемой станции, а с другой стороны, благодаря сложению колебаний гетеродина O и колебаний местного радиогенератора; если f гетеродина будет равна f принимаемой станции, то звук, принимаемый в телефоне, будет одного тона.

Чтобы достигнуть этого условия, в течение четвертой минуты регулируют частоту местного радиогенератора. Измерение силы тока в радиосети производится сравнением силы звука в телефоне, для чего переключатель P включает сопротивления R_1 и R_2 параллельно телефону, причем R_1 включается между 0—10, 20—30 и 40—50 секундами (прием радиостанций), а R_2 — между 10—20, 30—40 и 50—60 секундами (прием местного радиогенератора). Сопротивление R_1 остается постоянным, а R_2 регулируется так, чтобы сила звука в телефоне от приема местного радиогенератора была равна силе звука сигналов принимаемой станции. Сила тока в сети определяется из выражения

$$J_2 = k J_p n \frac{R_2}{R}, \quad (78)$$

где k — постоянная величина для данного устройства.

II вариант. Среди мер, позволяющих производить сравнение при отсутствии договоренности с измеряемой радиостанцией (т.е. когда последняя ведет свою обычную радиопередачу), наиболее практичными оказались нижеследующие:

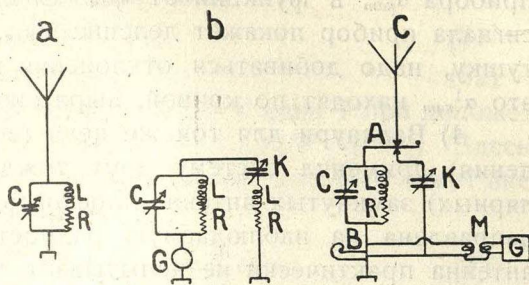
1) Пиккар еще в 1906 г. предложил на время слушания сигнала от местного радиогенератора заменять приемную антенну эквивалентным ей замкнутым контуром, на который и воздействует местный (тогда искровой) источник колебаний. Подбирая все параметры эквивалентного контура для заданной частоты f и числа искр замыканий прерывателя в 1 секунду ν одинаковыми с таковыми же приемной радиосети и приводя в действие местный источник (прерыватель), путем регулировки потенциометром напряжения E_0 на обкладках конденсатора C контура, добиваются получения в телефоне силы звука такой же, как и от измеряемой радиостанции. Отсюда Пиккар вычисляет мощность, поглощенную приемной радиосетью, по общей формуле

$$P = \frac{1}{2} C E_0^2 \nu;$$

зная же сопротивление радиосети R и действующую ее высоту h_e , нетрудно получить и напряжение радиополя (см. формулу 68).

2) Этот метод эквивалентной радиосети у некоторых английских авторов (Муллен и др.) в последнее время снова возобновлен, причем схема его принимает такой современный вид. Эквивалентный контур строится согласно общим правилам; удлинительная катушка антенны со связанными с нею усилителями и детектором должны входить одновременно как в действительную, так и эквивалентную схему; согласно

предыдущим замечаниям следует выбирать (черт. 22) $C \gg K$; в этом случае коэффициент самоиндукции и сопротивление самой антенны сравнительно неважны. Действительная схема изображена на черт. 22a; эквивалентная — на черт. 22b; черт. 22c показывает схему соединений для быстрого перехода при слушании от одной схемы к другой, с введением тем или иным способом (на чертеже через M) местной ЭДС от радиогенератора G.



Черт. 22

3) В одном из английских способов применяется следующая схема: прием производится на рамку и затем усиливается шестикратным усилителем (с сопротивлениями); в анодной цепи последней лампы его находится компенсированный гальванометр, отклонение которого, после настройки на измеряемые сигналы, замечается. Затем рамка отделяется, и тот же усилитель соединяется с небольшой апериодической катушкой; эта последняя связывается с местным радиогенератором, причем коэффициент связи между катушкой и радиогенератором точно проградуирован; взаимную индукцию M изменяют до тех пор, пока не получится то же отклонение на гальванометре.

Полагая, что напряжение радиочастоты, приложенное к усилителю, при обоих измерениях было одно и то же, получаем из (28a)

$$\omega M J = SH \frac{L \omega^2}{R}, \quad (79)$$

где S , L , R — общая площадь, самоиндукция и сопротивление рамки а J — сила тока местного радиогенератора.

Этот способ требует отдельного точного измерения L и R рамки (причем R должно быть измерено для всех волн); он предполагает, кроме того, что замена рамки периодической катушкой не оказывает влияния на работу усилителя, что не всегда верно; единственное его преимущество: он не требует гетеродина и все сравнения производит на радиочастоте.

Французский вариант этого же способа предполагает выбор самоиндукции катушки точно совпадающим с таковой рамки; последовательно с катушкой включается регулируемое сопротивление; в момент молчания наблюдаемой радиостанции проверяют точную эквивалентность L и R рамки и катушки, включая местный радиогенератор и контролируя эффект приема слуховым или зрительным методом; добившись полной эквивалентности, измеряют затем обычным способом, переключая с рамки (прием сигнала) на катушку (прием местного радиогенератора). При зрительном методе можно избежать такой регулировки L и R катушки тем, что катушка выбирается лишь приблизительно

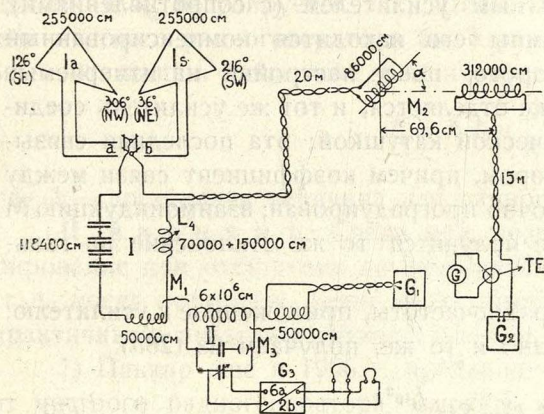
такой же самоиндукции, как и рамка; затем, возбуждая и рамку и катушку одной и той же энергией, получают зависимость показаний прибора $\alpha_{кат}$ в функции от $\alpha_{рам}$. Следовательно, если при измерении сигнала прибор покажет деление $\alpha_{рам}^1$, то после переключения на катушку, надо добиваться отклонения на том же приборе $\alpha_{кат}^1$, причем это $\alpha_{кат}^1$ находят по кривой, выражающей зависимость $\alpha_{кат} = f(\alpha_{рам})$.

4) Валлаури для той же цели (возможности поочередного наблюдения) применял систему двух тождественных (взаимно-перпендикулярных) замкнутых антенн; плоскость одной из них должна быть точно направлена на наблюдаемую радиостанцию; тогда другая замкнутая антенна практически не испытывает помехи ни от соседней антенны, ни от дальней радиостанции.

На черт. 23 приведена схема всего устройства и некоторые цифровые данные, относящиеся к установке для измерения в Ливорно

(Италия) напряженности радиополя радиостанции в Аннаполисе (САСШ).

Переключатель ab позволяет переключать приемное устройство или на замкнутую антенну, принимающую Аннаполис, или на замкнутую антенну (площадь каждой из них—около 1400 м²), принимающую сигналы местного радиогенератора. Приемное устройство состоит из контура I с переменной самоиндукцией, связанного ин-



Черт. 23

дуктивно с замкнутым контуром II, на который действует катушка связи гетеродина G_1 . К замкнутому контуру приключен восьмикратный усилитель G_3 с телефонами. При постановке переключателя на положение d в приемное устройство включается замкнутая антенна NE—SW, на которую посредством индуктивной связи L_2 действует гетеродин G_2 при той же частоте, как и измеряемые сигналы. Измерение тока производится термоэлементом с гальванометром, которые предварительно градуированы. Для данного устройства имело место такое соотношение:

$$M_2 = 49 \cos \alpha \text{ cgsy.} \quad (80)$$

Процесс измерений следующий: включают гетеродин G_1 и регулируют L_4 , M_2 и M_3 , также как и частоту гетеродина f_1 , чтобы получить наилучшую слышимость измеряемых сигналов. Затем, не изменяя ничего, переключают коммутатор ab в положение b и включают радиогенератор g_2 , регулируя последний для получения примерно той же силы звука и высоты его. Далее, изменяя угол, устанавливают окончательно ту же силу звука в телефоне, как и в положении (a) и про-

изводят четыре отсчета α_1 , два при возрастающей силе звука (среднее α_1) и два при убывающей силе звука (среднее α_2). На основании этих отсчетов получают два значения взаимной индукции

$$M'_2 = 49 \cos \alpha_1, \quad (81)$$

$$M''_2 = 49 \cos \alpha_2. \quad (82)$$

Если M есть взаимная индукция всей цепи G_2 и цепи i при положении переключателя ab на b , то $M = M'_2 + M_0 = -(M''_2 + M_0)$. Здесь M_0 — взаимная индукция цепей 1 и G_2 от тех частей, которые лежат вне катушек связи L_2 . Отсюда получается

$$M = \frac{M'_2 - M''_2}{2} = \frac{49}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \text{ cgs} \mu. \quad (83)$$

При известной J в цепи G_2 ЭДС, индуктированная в замкнутой антенне, определяется из выражения

$$E_0 = \omega MJ = 2,67 \cdot 10^{-3} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \text{ вольт} \quad (84)$$

(для приема с $\lambda = 17300$ м, $\omega = 10900$).

Обозначая площадь антенны через S , получим напряженность магнитного поля H из формулы (41) или (43)

$$H_0 = \frac{E_0 \cdot 10^8}{\omega \cdot S} = 6,58 \cdot 10^5 E_0 \text{ cgs} \mu. \quad (85)$$

Окончательно имеем, пользуясь формулой (31),

$$E = 300 H_0 \left(\text{в } \frac{V}{cm} \right) = 19,74 \cdot 10^3 E_0 \left(\text{в } \frac{\mu V}{m} \right). \quad (86)$$

5) В прочих конструкциях радиоконпараторов большей частью принято использование в качестве приемной радиосети вращающейся рамки, причем производится сравнение эффектов, получающихся в двух случаях: один, когда рамка направлена на радиостанцию, поле которой измеряют, и другой — в положении перпендикулярном к первому, причем в цепь рамки включается местный радиогенератор. Ясно, что, в виду затруднительности делать слуховое сравнение, в этом случае (требуется одновременно и схему переключить и рамку повернуть точно на 90°), почти всегда используют зрительный метод, замечая показания прибора при первом положении рамки и добиваясь такого же показания при втором путем регулировки энергии местного радиогенератора.

Выбор типа приемной радиосети. Следующего признака, по которому можно классифицировать радиоконпараторы — устройство приемной радиосети — мы уже касались ранее (см. отд. II, п. В, ст. 7, п. 2). Почти общепринято в виду возможности при радиоконпарировании допустить почти неограниченное усиление и по мотивам, изложенным только что в пп. 4 и 5, использовать радиоконпараторы с рамками, редко с замкнутыми антеннами; этот вид радиосети, как известно, позволяет точно рассчитать h_e , величина которой менее подвержена изменениям в функции от местной обстановки, чем в случае открытых антенн. Однако при измерениях с короткими волнами иногда выгодно использовать, в случае очень слабого радиополя, открытую антенну; в этом случае (Фриис и Брас, 1926 г.) чувствительность измерительного устрой-

ства повышается в 5-10 раз; кроме того с открытой антенной допускается увеличение и диапазона частоты, примерно в виде удвоения верхнего предела частоты.

Конструкции местного радиогенератора. Схемы, положенные в основу конструкции местного радиогенератора, могут быть любого типа, лишь бы они обеспечивали получение во внешней цепи по возможности чисто синусоидального тока заданного диапазона частот и требуемой мощности; в большинстве конструкций применяется триодный генератор с одной электронной лампой. К конструкции же этого прибора предъявляется, притом очень жестко, следующее главное требование: радиогенератор должен быть полностью экранирован. Генерируемая им ЭДС должна поступать в соответствующую цепь радиокомпаратора исключительно тем путем, который применен и учтен в данной конструкции компаратора (т.е. через катушки связи или потенциометр); должна быть полностью устранена возможность проникновения какой-либо ЭДС от радиогенератора к радиосети или приемнику с усилителем вследствие индуктивного действия, электростатического или магнитного. Не останавливаясь на методах экранирования, приведем лишь практические меры для испытания удовлетворительности экранирования; важность таких испытаний при радиокомпараторах достаточно характеризуется тем, что вся трудность построения последнего заключается в конструировании вполне экранированного местного источника радиочастоты и отыскании конструкции, позволяющей точно учесть энергию, переданную от этого источника в соответствующий контур (радиосеть или ее эквивалент).

Хорошим техническим методом испытания экранирования является снятие кривой зависимости между показаниями лампового вольтметра, приключенного к той или иной части приемной радиосети, и силой тока, доставляемого приемному устройству от испытуемого радиогенератора; при удовлетворительном экранировании эта кривая должна быть прямой линией.

Лаборатории Белль К-о рекомендуют следующий практический метод испытания экранирования в случае потенциометренной связи с приемным устройством: коротко замкнуть потенциометр толстым медным проводником; если идущий при этом в цепи местного генератора сильный ток не окажет, путем индукции, заметного по сравнению с эффектом от сигнала влияния на приемную радиосеть, то экранирование считается удовлетворительным. Так например, в конструкции Всеобщей Электрической К-о (General Electric C-о) местный генератор, заключенный в два концентрических медных ящика (0,6 мм толщиной), имеющий питание от батарей (также экранированных, но лишь одним медным ящиком), дающий нормально ток около 1мА и расположенный на расстоянии 2 м от рамки приемного устройства, в случае замыкания на короткое его специального потенциометра, с удалением проводов, соединяющих его с рамкой, развивает ток до 3 мА, причем в приемнике даже на слух нельзя обнаружить никакого звука (биений)

В том случае, когда такое испытание экранирования дает неудовлетворительный результат, необходимо принять ряд мер для отыскания причин «просачивания» энергии: 1) Если передача последней от местного генератора происходит путем потенциометра того или другого типа, то предпринимаются следующие действия: вводные провода к приемному устройству от потенциометра отключаются и удаляются на сколько возможно далеко от радиогенератора; если при этом на приемном устройстве будет обнаружено полное отсутствие индукции от генератора, то ясно, что причина дефекта лежала в плохо экранированных соединительных проводах. Тогда свободные концы вводов соединяются вместе и присоединяются к одному только зажиму потенциометра; если в результате индукция в приемнике все же скажется, то дефектным является заземление экранированного ящика или конструкции вводных проводов, т.-е. что они недостаточно тесно сплетены между собою и поэтому образуют петлю заметной площади. Полезно бывает также перекрестить соединения вводов с потенциометром: фаза учитываемого при измерении падения напряжения при этом меняется, в то время как ЭДС утечки остаются без перемены.

2) Если же передача энергии происходит путем взаимной индукции (две катушки связи), то первичная катушка заменяет потенциометр, а вводы от приемника присоединяются к вторичной. Испытания экранирования возможны по предыдущему, хотя следует заметить, что в этом случае, при увеличении тока и сохранения той же самой взаимной индукции между катушками, ЭДС утечки будут уменьшаться пропорционально току: этого затруднения можно избежать, поддерживая ток генератора постоянным и шунтируя катушку M переменным сопротивлением или емкостью.

В целях достижения совершенного экранирования рекомендуется конструкцию катушек местного радиогенератора сделать тороидального типа, как дающего наименьшее внешнее поле; все соединительные провода от генератора желательно заключать в толстые медные трубки; английские авторы рекомендуют производить проверку действительности экранирования перед каждой серией измерений; при частотах порядка десятка тысяч килоциклов в секунду и выше экранирование становится очень затруднительным. Мерой хорошего экранирования, кроме вышеприведенного американского примера, могут служить и такие практические (Муллен) данные: отсутствие следов индукции в приемном устройстве при местном радиогенераторе, развивавшем ток 5 мА при анодном напряжении 40 В, расположенном всего лишь на расстоянии 1 м от приемника.

Гетеродин. Гетеродинный способ приема является почти обязательным при устройствах радиокомпараторов (кроме тех, которые основаны на сравнении зрительным методом эффектов на высокой частоте, см. выше).

Конструкция гетеродина подчиняется обычным правилам; некоторые авторы (Мени и др.) рекомендуют для большой избирательности применение в нем промежуточного контура. Только в схеме Абрагама и План-

ноля вместо гетеродина применен многоламповый усилитель с обратной связью на контур сетки первой лампы; при хорошей регулировке обратной связи и введении отдельного контроля накала цепей первых ламп получается регенеративный усилитель с очень слабым паразитным излучением. Вообще говоря, гетеродины приемного устройства, конечно, должны быть экранированы так же, как и местные радиогенераторы. Радиокомпараторы с регенеративным приемом не встречаются.

Установление равенства частот. Один из методов установления совпадения частот был описан ранее (альдебаранские измерения). В современных радиокомпараторах применяется и такой вариант: сперва настраивают частоту гетеродина на частоту сигнала с точностью до 1—2 колебаний в секунду; затем (используем для ясности черт. 16) при нажатии ключа A с такой же точностью производится настройка местного радиогенератора на частоту гетеродина. Ключ A после этого освобождается и частота гетеродина изменяется настолько, чтобы получить подходящий тон биений (не слишком высокий); затем ключ A снова нажимается и конденсатор K настраивается до тех пор, пока эквивалентный контур не будет настроен на G , а вместе с тем и на частоту сигнала.

Если эквивалентного контура нет, то следует обращать внимание, чтобы тон биений, получающийся в результате сложения колебаний гетеродина (один раз — с частотой сигнала, другой — с таковой же местного радиогенератора), лежал в обоих случаях по одну и ту же сторону «паузы» (нулевого биения). Вообще полезно, после отдельных настроек по гетеродину, включать приемное устройство попеременно то на прием сигнала, то на прием местного радиогенератора; при точной настройке высота тона биений будет оставаться в обоих случаях одной и той же. Другой способ установления совпадения частот применяется в переносном радиокомпараторе телефонной лаборатории Белль.

Способ связи местного радиогенератора с приемным устройством. Как уже указывалось, существуют два главных метода передачи энергии местного радиогенератора приемному устройству: потенциометром и путем использования явления взаимной индукции. Первый ныне широко используется лабораториями Белля, Пиккаром (С. Ш. С. А.) и некоторыми другими; в то же время второй способ является наиболее характерным для большинства радиокомпараторов, строящихся в Англии, Франции и Германии. В обоих способах сила тока во внешней цепи местного радиогенератора измеряется большей частью термоэлементом с гальванометром, однако в случае потенциометра не исключается возможность (Дженсен, Лаборатории Белля) измерения ламповым вольтметром напряжения на зажимах шунта потенциометра, включаемого в приемную радиосеть.

1) При методе связи потенциометром полученный от генератора ток вводится в приемную радиосеть через потенциометр часто в виде калиброванной искусственной линии; при этом ответвление во внешнюю цепь (к приемному устройству) берется обычно от тщательно

прокалиброванного сопротивления величиной в 1Ω . Если приемная радиосеть замкнутой формы, то имеются два варианта включения ее с приемником и таким шунтом в 1Ω ; в одном случае шунт вводится в среднюю точку рамки, и к приемнику идут провода от первого и последнего витков рамки; в другом же, ныне более принятом варианте, средняя точка рамки заземляется, настраивающий конденсатор остается параллельно включенным между концами рамки, а связь на сетку — нить первой лампы берется от заземляющего проводника и от одной половины рамки; это делается в целях предохранения от эффекта антенны и для уменьшения затухания цепи, подводимой к приемному устройству. Очевидно, что при схеме связи потенциометром по первому варианту расчет ЭДС, вводимой в приемную радиосеть, производится по формуле $E^v = R\Omega JA$, где R — сопротивление шунта, включенного в радиосеть, а J сила тока, по нему протекающая.

2) Второй метод передачи энергии местного радиогенератора предусматривает индуктивную связь радиосети с местным генератором. Обычно (Радиокорпорация, Мени и др.) принято употребление промежуточного контура между сетью и генератором; если сила тока в цепи генератора, связываемой индуктивно с радиосетью, есть J , взаимная индукция при этой связи M и угловая частота ω , то ЭДС, вводимая в радиосеть в этом случае, выражается $E^v = J^A \omega^{c/s} M^H$ (87).

Главное назначение промежуточного контура в цепи радиогенератора — фильтровка от обертонов; измерения (Радиокорпорация) показывают, что при отсутствии такого контура ошибка вследствие наличия гармонических равна $2 - 3\%$.

В виду общей затруднительности точного измерения очень малых взаимных индукций, для таковой связи рекомендуется выбирать формы, поддающиеся точному расчету. Одной из таковых является конструкция в виде двух концентрических кругов. Если радиус каждого круга a см, плоскости их параллельны и находятся на расстоянии d см одна от другой, то

$$M = 9,25 \pi a \left\{ \left(1 + \frac{3d^2}{16a^2} \right) \log_{10} \frac{8a}{d} - 0,87 \left(1 + \frac{d^2}{32a^2} \right) \right\}. \quad (88)$$

Эта формула точна до 1% , если $d < \frac{a}{2}$; M варьируется измене-

нием d ; если диаметр провода $2\rho \ll a$ и $a \gg d$, то возможно брать несколько витков в каждой катушке, причем M изменяется почти пропорционально числу витков. В практических установках на длинные и средние волны, при токе местного генератора порядка 5 мА M индуктивной связи выбирается в пределах $250 - 5000 \text{ cgs}$.

Так как способ связи местного генератора с радиосетью является наиболее отличительным признаком для деления радиоконпараторов на два класса, то сравним оба метода между собою. Метод потенциометра проще в эксплуатации и легче в смысле конструкций; способ индуктивной связи хорош только в том случае, если удастся

создать такие катушки, связь между которыми изменяется *действительно* по точно определенному закону (синуса). Способы конструкции чисто ваттного сопротивления (для шунта при потенциометренном методе) и синусоидальных катушек (для метода индуктивной связи) указаны в частности у Муллена, в его руководстве по радиоизмерениям. Следует указать, что в обоих способах мы вводим некоторую ошибку в наши измерения уже тем обстоятельством, что ЭДС местного генератора вводится в определенной точке радиосети, в то время как ЭДС сигнала индуктируется по всей длине приемной сети; но эта ошибка незначительна. Муллен видит преимущество потенциометренной связи перед индуктивной также и в том, что в первом случае всегда возможная ЭДС утечки будет в квадратуре с разностью потенциалов на потенциометре и потому будет оказывать сравнительно ничтожное влияние по сравнению со случаем индуктивной связи.

Выбор индикатора эффекта и схемы его включения. Сравнение компараторов возможно произвести еще как по типу индикатора, по которому производят компарирование, так и по месту его включения в приемном устройстве. Кроме описанного ранее слухового метода определения эффекта (телефон), применяются следующие категории зрительного учета: гальванометр (микро и миллиамперметр), ламповый вольтметр, иногда (Энгланд, 1923 г.) — трубка Брауна.

Наиболее общепринято измерение силы тока помощью компенсированного гальванометра в последней цепи приемного устройства (по-французски вариация этого метода носит название «вольтметра усилителя» Абрагама и Блоха); в этом случае изменение в среднем анодном токе последней лампы является мерой разности потенциалов, приложенных ко входному концу приемного устройства. Также часто применяется измерение микроамперметром выпрямленного тока и т. д. Что касается использования лампового вольтметра, то последнее возможно в разных вариантах: Раунд (Англия) измеряет напряжение на конденсаторе промежуточного контура, Энгланд — в анодной цепи последней лампы; Фриис и Брас (телефонные лаборатории Белля) используют в качестве лампового вольтметра (первую) детекторную лампу для промежуточной частоты в сверхгетеродинном приемном устройстве и т. д.

В дальнейших статьях по вопросам измерения излучения будут описаны конструкции последних моделей аудиокомпараторов и радиокомпараторов как на длинные, так и на короткие волны, а также результаты измерений излучения различных радиостанций, полученные автором в Радиоотделе Всесоюзного Электротехнического Института.

(Получено в редакции в июле 1927 г.).

Москва, Радиоотдел
Всесоюзного Электро-
технического Института.

Применение обратной связи в радиотелефонных передатчиках

А. Л. Минц и Ф. И. Белов

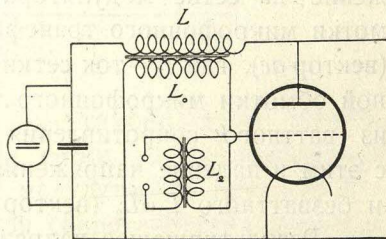
1. Введение. Микрофоны, обычно применяющиеся в коммерческой радиотелефонии, дают мощность звуковой частоты, не превосходящую 0,5—0,7 ватта. Эти цифры ограничивают возможность применения прямого воздействия микрофонным трансформатором на сетку модуляторной лампы сколько-нибудь значительной мощности. В радиотелефонных передатчиках большей мощности для воздействия на модуляционное устройство необходимо предварительное усиление энергии, даваемой микрофоном; достигается это обычно с помощью одного или нескольких каскадов подмодуляторных ламп.

В июне 1926 года А. Л. Минц предложена новая схема усиления мощности токов звуковой частоты, даваемой микрофоном, без посредства подмодуляторных ламп, с помощью обратной связи ¹⁾ с модуляционного дросселя. Эта схема может иметь применение при анодной модуляции по Хиссингу (Heising). Обратная (с модуляционного дросселя на сетку модуляторной лампы) связь достигается следующим образом: на сердечник модуляционного дросселя L помещается катушка обратной связи L_0 (черт. 1); последняя соединяется последовательно со вторичной обмоткой микрофонного трансформатора L_2 таким образом, чтобы фазы напряжения, даваемого L_0 и L_2 , совпадали.

Число витков катушки L_0 берется тем или иным по отношению к числу витков модуляционного дросселя, в зависимости от степени необходимого усиления.

2. Усиление при обратной связи.

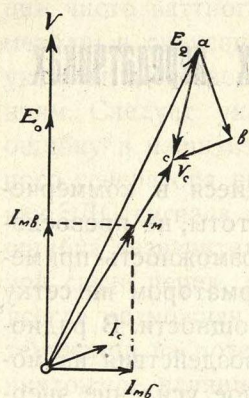
Механизм усиления токов звуковой частоты при обратной связи очень несложен. Переменный магнитный поток Φ звуковой частоты, создаваемый в модуляционном дросселе безваттной слагающей тока модулятора I_m , наводит в катушке обратной связи L_0 эдс E_0 . При последовательном соединении катушки L_0 со вторичной обмоткой микрофонного трансформатора эдс обеих обмоток складываются при очень выгодных фазовых соотношениях, т.е. угол сдвига фаз между обоими эдс незначителен. Суммарная амплитуда напряжения, прилагающаяся в этом случае



Черт. 1

¹⁾ Обратная связь названа по аналогии с обратной связью в приемной регенеративной схеме.

к сетке модуляторной лампы, увеличивается по сравнению с таковой же без обратной связи.



Черт. 2

Чтобы пояснить вышеизложенное, необходимо обратиться к векторной диаграмме черт. 2. Ток через модулятор I_m , как известно, отстает по фазе от напряжения звуковой частоты V на модуляционном дросселе L на некоторый угол φ , определяемый равенством:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L_d}{R},$$

где R — сопротивление генераторной лампы постоянному току, L_d — самоиндукция модуляционного дросселя и ω — угловая частота звука. Безваттная слагающая тока I_m создает, как отмечено выше, в модуляционном дросселе магнитный поток Φ той же звуковой частоты, совпадающий по фазе с безваттной слагающей. ЭДС E_0 , наводимая в катушке обратной связи, будет, следовательно, отставать от потока Φ на угол $\frac{\pi}{2}$. Напряжение звуковой частоты на сетке модулятора V_c опережает ток модулятора I_m на некоторый угол ψ ¹⁾, но так как его величина обычно не превосходит для всех практически возможных случаев нескольких градусов, то в дальнейшем она приниматься во внимание не будет, т. е. V_c и I_m будут считаться совпадающими по фазе.

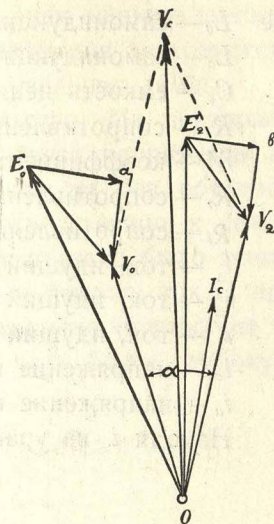
Для случая, когда обмотка обратной связи не включена, напряжение на сетке модулятора V_c уравнивает эдс вторичной обмотки микрофонного трансформатора E_2 и падение напряжения $I_c Z_2$ (вектор ac), где I_c — ток сетки модулятора и Z_2 — сопротивление вторичной обмотки микрофонного трансформатора. Последнее (Z_2) складывается из ваттного сопротивления Z_2 и безваттного ωL_2 ; в соответствии с этим и падение напряжения $I_c Z_2$ состоит из ваттного $I_c Z_2$ (вектор bc) и безваттного $I_c \omega L_2$ (вектор ab).

Результирующее напряжение, прилагающееся к сетке модуляторной лампы при подключении обмотки L_0 (черт 3), в конечном счете будет зависеть не только от величины E_0 и E_2 и от угла между ними, но и от падения напряжения в каждой обмотке. На диаграмме черт. 3 показано сложение напряжения на обмотке обратной связи V_0 и напряжения на вторичной обмотке микрофонного трансформатора V_2 . Здесь вектор OV_2 — напряжение на вторичной обмотке микрофонного трансформатора, OV_0 — напряжение на обмотке обратной связи и OV_c — результирующее напряжение, прилагающееся к сетке модуляторной лампы. Угол сдвига фаз α между V_0 и V_2 , как видно из диа-

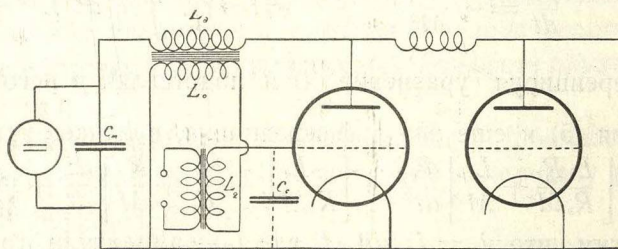
¹⁾ См. приложение в конце статьи.

граммы (черт. 3), будет тем меньше, чем меньше безваттное падение напряжения $I_c \omega L_2$, изображенное на диаграмме вектором $E_2 b$. С другой стороны, угол α может быть уменьшен за счет увеличения безваттного падения напряжения в обмотке обратной связи (на диаграмме черт. 3 вектор $E_0 a$). Отсюда вытекает, что, при применении усиления с помощью обратной связи, надо стремиться к уменьшению безваттного сопротивления во вторичной обмотке микрофонного трансформатора и к увеличению его в обмотке обратной связи.

Пределом, ограничивающим применение этого метода усиления, является возникновение генерации звуковой частоты в модуляторной цепи. Чтобы вывести условие возникновения генерации в модуляторной цепи необходимо составить уравнения Кирхгофа для цепей черт. 4. Обозначим: L_d — самоиндукция модуляционного дросселя, L_2 — самоиндукция вторичной



Черт. 3



Черт. 4

обмотки микрофонного трансформатора, L_0 — самоиндукция обмотки обратной связи, R_c — сопротивление цепи сетки, R_s — сопротивление генераторной лампы, R_i — сопротивление модуляторной лампы и M — коэффициент взаимной индукции. Пренебрегая сопротивлением конденсатора C_m для токов звуковой частоты, собственной емкостью дросселя, сопротивлением дросселя высокой частоты и не принимая во внимание колебательных цепей генераторного контура, в виду весьма незначительного влияния всех их на токи в модуляторной цепи, можно написать, для колебаний первого рода в схеме, изображенной на черт. 4, уравнения:

$$L_d \frac{di_1}{dt} = R_i i_2 = -e_a, \quad (1)$$

$$M \frac{di_1}{dt} + L_c \frac{di_c}{dt} + R_c i_c = -\frac{1}{C_c} \int i_c dt = e_c, \quad (2)$$

$$i = S e_c + \frac{1}{R_i} e_a = i_1 + i_2, \quad (3)$$

где L_δ — самоиндукция модуляционного дросселя,
 L_c — самоиндукция цепи сетки, равная $L_0 + L_2$,
 C_c — емкость цепи сетки,
 R_c — сопротивление цепи сетки,
 M — коэффициент взаимной индукции, равный $= KV \sqrt{L_0 L_c}$,
 R_s — сопротивление генераторной лампы,
 R_i — сопротивление модуляторной лампы,
 i_1 — ток, идущий через модуляционный дроссель,
 i_2 — ток, идущий через генераторную лампу,
 i — ток, идущий через модуляторную лампу,
 i_c — напряжение на зажимах сетки модулятора,
 i_a — напряжение на анодах ламп.

Находя i_2 из уравнения (1):

$$i_2 = \frac{L_\delta}{R_i} \frac{di_1}{dt},$$

подставляем его значение в уравнение (3)

$$-\frac{S}{C_c} \int i_c dt - \frac{L_\delta}{R_i} \frac{di_1}{dt} = i_1 + L_0 \frac{di_1}{dt}. \quad (4)$$

Из (2) имеем

$$\frac{di_1}{dt} = -\frac{1}{M} \left(L_c \frac{di_c}{dt} + R_c i_c + \frac{1}{C_c} \int i_c dt \right). \quad (5)$$

Дифференцируя уравнение (4) и подставляя в него значение $\frac{di_1}{dt}$ из уравнения (5) и еще раз дифференцируя, получаем уравнение:

$$\frac{L_\delta L_c}{R_s M} \frac{d^3 i_c}{dt^3} + \left[\frac{L_\delta R_c}{R_s M} + \frac{L_c}{M} \right] \frac{d^2 i_c}{dt^2} + \left[\frac{L_\delta}{R M C_c} - \frac{S}{C_c} + \frac{R_c}{M} \right] \frac{di_c}{dt} + \frac{i_c}{M C_c} = 0. \quad (6)$$

Допустим, что $i_c = I_c \sin \omega t$, где I_c — амплитуда тока сетки и ω звуковая частота; тогда, сравнивая коэффициент при третьей производной тока сетки $\omega^3 \frac{L_\delta L_c}{R_s M}$ с коэффициентом при второй производной, найдем, что первый значительно меньше даже при высшей $\omega = 12500$; поэтому первым членом уравнения (6) можно пренебречь. Условие возникновения незатухающих колебаний (генерации) в модуляторе получается из приравнивания нулю коэффициента при первой производной, т.е.

$$\frac{L_\delta}{R_s M C_c} - \frac{S}{C_c} + \frac{R_c}{M} = 0.$$

Отсюда:

$$M = \frac{R_c R_s C_c + L_\delta}{S R_s}, \text{ или } M = \frac{\left(R_c C_c + \frac{L_\delta}{R_s} \right) R_i}{K}.$$

Так как

$$R_s = \frac{R_i R_i}{R_i + R_i},$$

то

$$M = \left\{ R_c C_c + \frac{L_\delta}{R_i} (R_i + R_i) \right\} \frac{1}{K}.$$

Генерация тем скорее возникает (M меньше), чем меньше емкость и сопротивление цепи сетки, чем меньше самоиндукция модуляционного дросселя и чем больше K — коэффициент усиления лампы.

Необходимо отметить еще одно обстоятельство. Из векторной диаграммы на черт. 3 видно, что при обратной связи напряжение на сетке модуляторной лампы V_c опережает таковое же без обратной связи (V_2 без обратной связи прилагается непосредственно к сетке) на некоторый угол. А так как фаза тока I_m , как указано было выше, одинакова с напряжением на сетке V_c , то, следовательно, ток I_m при обратной связи отстает на меньший угол от напряжения на дросселе V . Это обстоятельство с одной стороны должно дать более глубокую модуляцию, т. к.

$$M = \frac{I_m \cos \varphi}{I_0}$$

и с другой стороны увеличить коэффициент полезного действия модуляторной лампы.

3. Результаты опытного исследования маломощных передатчиков. Для экспериментальной проверки предыдущих выводов и выяснения практических возможностей применения обратной связи, последняя была исследована на маломощном телефонном радиопередатчике (лампы Ж-1: две генераторных, две модуляторных). Задачами опытной проверки являлись:

а) выяснить, какова величина усиления с помощью обратной связи и не вносится ли при этом искажений в передачу речи, а если вносится, то в какой степени;

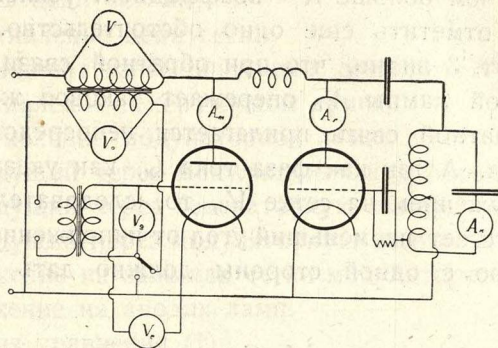
б) выяснить угол сдвига фаз между напряжениями на обмотке обратной связи и на вторичной обмотке микрофонного трансформатора.

Очевидно, что, помимо проверки на слышимость, что является крайне неточным и субъективным методом оценки, получение кривых пропускания различных частот радиотелефонным передатчиком, т. е. кривых $M = F(f)$ (коэффициент модуляции, как функция частоты) полностью разрешает первую задачу. Кривые $M = F(f)$ дают возможность объективной количественной и качественной оценки передачи при обратной связи.

Одновременные измерения напряжений на обмотке обратной связи, на вторичной обмотке микрофонного трансформатора и на сетке модуляторной лампы при усилении и без него разрешают вторую задачу — о величине угла сдвига фаз.

Схема передатчика и включение всех приборов приведено на черт. 5. Электростатический вольтметр V , поставленный на зажимы модуляционного дросселя, измеряет напряжение звуковой частоты V ; отсюда находится коэффициент модуляции M , равный: $M = \frac{V}{E_0}$, где E_0 — напряжение источника питания постоянного тока.

Электростатические вольтметры V_0 , V_2 и V_c измеряют напряжение на обмотке обратной связи, на вторичной обмотке микрофонного



Черт. 5

трансформатора и на сетке модуляторной лампы, соответственно. Из соотношения (взяты векториальные величины)

$$\overline{V_c} = \overline{V_0} + \overline{V_2}$$

легко найти угол сдвига фаз между V_0 и V_2 .

Из деталей радиопередатчика необходимо отметить модуляционный дроссель, который можно охарактеризовать следующими данными:

Основная обмотка

Провод ПШД диам. 0,2 мм,
число витков $W = 7100$,
самоиндукция $L = 45 \text{ H}$,
сопротивление $R = 1260 \Omega$.

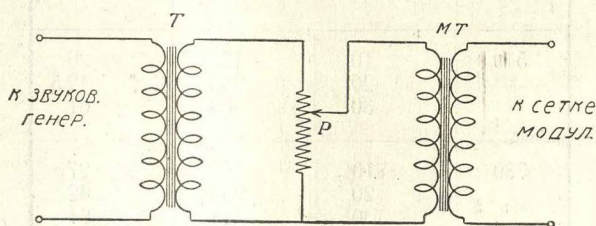
Обмотка обратной связи

Провод ПШД диам. 0,15 мм,
число витков $W_0 = 1000$ (5 вывод.),
самоиндукция $L = 1,45 \text{ H}$,
сопротивление $R = 200 \Omega$.

Железный сердечник дросселя разомкнутый, воздушный зазор $\delta = 10 \text{ mm}$, собран из трансформаторного железа $\Delta 0,1 \text{ mm}$, поперечное сечение железа $38 \times 30 \text{ mm}^2$. Микрофонный трансформатор обычной продукции ЭТЗСТ с коэффициентом трансформации 1:40. Смещение $E_c = -25 \text{ v}$ на сетку модуляторной лампы подбирали обычным путем, исходя из наименьшего потребления тока модуляторной лампой с одной стороны, а также чистоты и ясности передачи — с другой.

Для снятия кривых пропускания частоты радиотелефонным передатчиком $M = F(f)$ необходимо постоянство напряжения на сетке модулятора; чтобы обеспечить это постоянство, первоначально был испытан способ возбуждения микрофона телефоном, питаемым от звукового генератора. В виду неустойчивости работы микрофона, постоянство напряжения V_c не могло быть обеспечено с достаточной надежностью. Поэтому был применен другой метод возбуждения сетки модулятора. От звукового генератора через выходной понижающий трансформатор T звуковая частота подавалась на потенциометр P и

далее к первичной обмотке микрофонного трансформатора MT (черт. 6), вторичная обмотка коего через батарею смещения $E_c = -25\text{ v}$ была присоединена к сетке модулятора.



Черт. 6

Чтобы поставить микрофонный трансформатор в нормальные условия работы, через первичную обмотку его пропусклся ток от батареи E_k .

Тон звукового генератора настраивался на желаемую частоту с помощью изменения емкости, включенной в контур. Частота измерялась музыкальной трубкой, градуированной на различные частоты. Частота менялась в пределах 50—2000 периодов в секунду, т.е. с избытком перекрывался диапазон частот, необходимый для коммерческой радиотелефонии.

Режим передатчика во время опытов поддерживался строго постоянным; напряжение питания $E_0 = 600\text{ v}$, накал $E_k = 4,1\text{ v}$, $E_c = -25\text{ v}$, длина волны $\lambda = 150\text{ m}$. На сетку модулятора последовательно прилагалось с помощью потенциометра переменное напряжение $V_c = 10, 20$ и 30 v при изменении частоты каждый раз в пределах 50—2000 $\frac{\text{с}}{\text{с}}$.

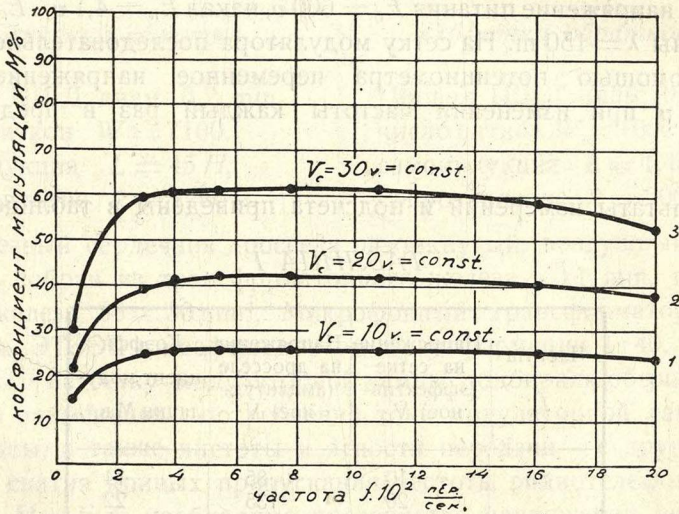
Результаты измерений и подсчета приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Частота f	Напряжение на сетке (эффективное) V_c	Напряжение на дросселе (амплитудное) V	Коэффициент моду- ляции M в %
50	10	85	14
	20	135	22
	30	162	27
290	10	146	24
	20	235	39
	30	354	59
390	10	156	26
	20	252	42
	30	368	61

Частота f	Напряжение на сетке (эффектив- ное) V_c	Напряжение на дросселе (амплитуд- ное) V	Коэффи- циент моду- ляции M в %
540	10	156	26
	20	255	42,5
	30	368	61
780	10	160	27
	20	252	42
	30	368	61
1080	10	156	26
	20	248	41
	30	364	60,5
1620	10	154	25,5
	20	240	40
	30	348	58
2000	10	141	24
	20	220	37
	30	312	52

Кривые $M = F(f)$ приведены на черт. 7. Кривая 1 при $V_c = 10$ в, кривая 2 при $V_c = 20$ в и кривая 3 при $V_c = 30$ в. Некоторое умень-

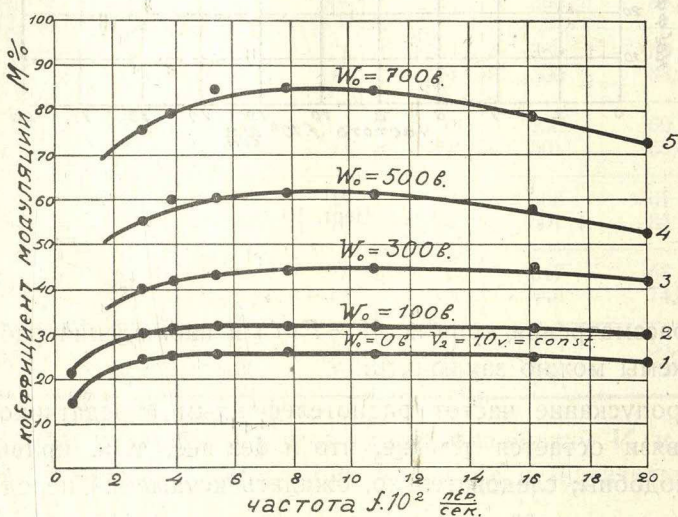


Черт. 7

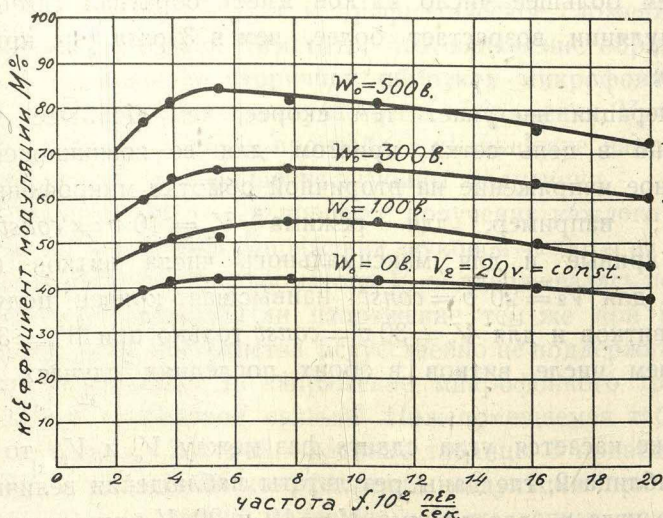
шение значений коэффициента M , наблюдаемое при более высоких частотах, объясняется влиянием собственной емкости дросселя, шунтирующего генераторную лампу. Часть токов звуковой частоты и тем большая, чем выше частота ω , отвлекается в эту емкость, т. к. сопротивление $\frac{1}{\omega C}$ с увеличением ω падает.

Далее были сняты кривые коэффициента модуляции в зависимости от частоты при различном числе витков обратной связи $W_0 = 100, 300, 500$ и 700 . Режим передатчика и метод возбуждения сетки модулятора оставался прежним, причем на вторичную обмотку микрофонного трансформатора прилагалось и поддерживалось переменное напряжение $V_2 = 10, 20$ и 30 в для всего диапазона частоты $50--2000 \frac{c}{s}$.

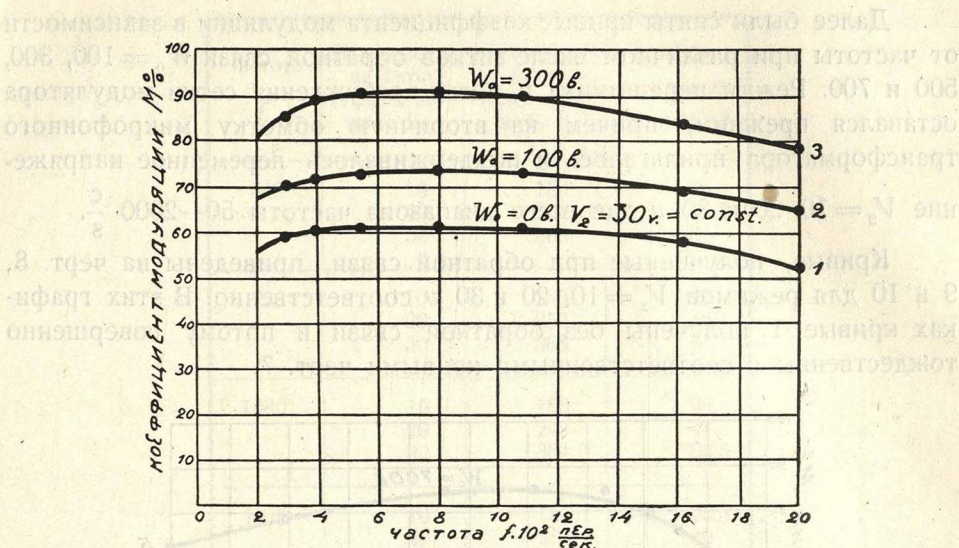
Кривые, полученные при обратной связи, приведены на черт. 8, 9 и 10 для режимов $V_2 = 10, 20$ и 30 в соответственно. В этих графиках кривые 1 получены без обратной связи и потому совершенно тождественны с соответственными кривыми черт. 7.



Черт. 8



Черт. 9



Черт. 10

Из рассмотрения кривых $M = F(f)$ и наблюдения работы испытуемой схемы можно заключить:

а) пропускание частот радиотелефонным передатчиком при обратной связи остается тем же, что и без нее, т. к. кривые во всех случаях подобны; следовательно, ожидать искажений передачи не приходится;

б) усиление при обратной связи весьма значительно и тем больше, чем большее число витков имеет обратная связь; коэффициент модуляции возрастает более, чем в 3 раза (ср. кривые 1 и 5 графика 8);

в) генерация наступает тем скорее, чем большее число витков введено в цепь сетки; при этом для ее возникновения нужно определенное напряжение на вторичной обмотке микрофонного трансформатора; например, для режима $V_2 = 10 \text{ v} = \text{const}$ удалось получить кривые и для максимального числа витков ($W_0 = 700$), тогда как для $V_2 = 20 \text{ v} = \text{const}$ наивысшая кривая получена при $W_0 = 500$ витков и для $V_2 = 30 \text{ v} = \text{const}$ только при $W_0 = 300$ витков; при большем числе витков в обоих последних случаях появлялась генерация.

Что же касается угла сдвига фаз между V_0 и V_2 , то ниже приводится таблица 2, где даны результаты наблюдения величин V_0 и V_2 и подсчета угла α , для режима $V_2 = 10$ и 20 V при числе витков обратной связи $W_0 = 500$.

ТАБЛИЦА 2

Частота f	Напря- жение на втор. обмотке V_2	Напря- жение на обм. обр. связи V_0	Напря- жение на сетке модулят. V_c	Угол сдвига фаз α°	Напря- жение на дресселе V	Кoeffи- циент модуляц. $M\%$
50	10 20	3 5	13 22	0 60	104 160	17 27
290	10 20	14 24	26 40	30 49	321 452	53,5 77
350	10 20	18 24	28 43	0 24	360 500	60 88,5
540	10 20	18 24	28 43	0 24	360 500	60 88,5
782	10 20	18 24	28 43	0 24	250 501	60 83,6
1080	10 20	18 24	28 43	0 24	368 501	61 84
1620	10 20	17 22	27 41	0 28	347 446	58 74,5
2000	10 20	16 22	26 37	0 56	320 440	53,5 73

Из таблицы 2 видно, что угол сдвига фаз между V_2 и V_0 очень невелик и его влияние на уменьшение V_c весьма незначительно, напр., для частоты $f = 1620 \frac{c}{c}$ при $V_2 = 20 \text{ в}$ и $V_0 = 22 \text{ в}$ результирующее напряжение на сетке модулятора $V_c = 41 \text{ в}$; следовательно, «теряется» всего лишь 1 в (около 2,5%), т. к. арифметическое сложение V_0 и V_2 дало бы 42 в. Необходимо отметить, что включение обратной связи должно быть согласное со вторичной обмоткой микрофонного трансформатора, т. к. в противном случае фаза напряжения V_0 будет противоположна фазе V_2 , отчего произойдет уменьшение напряжения на сетке модулятора V_c и уменьшение глубины модуляции.

Выше указывалось, что в процессе получения каждого семейства кривых $M = F(f)$ величина напряжения звуковой частоты на вторичной обмотке микрофонного трансформатора V_2 поддерживалась постоянной. Возникает вопрос: останется ли напряжение тем же при включении обратной связи, если постоянства искусственно не поддерживать? Другими словами — «садится» ли напряжение микрофонного трансформатора при работе с обратной связью? Нижепомещаемая таблица даст ответ на этот вопрос. В левой половине таблицы 3 приведены показания приборов и подсчет коэффициента модуляции при $V_c = 60 \text{ в}$ без обратной связи; в правой половине — те же данные при обратной связи. Модуляционный дроссель в этом случае имел следующие по-

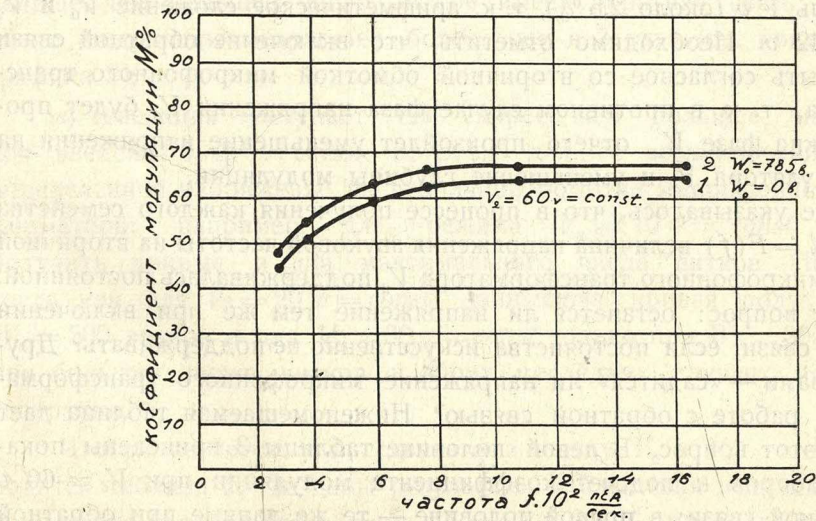
стоянные: самоиндукция $L = 79 \text{ H}$, сопротивление $R = 360 \text{ }\Omega$, самоиндукция обмотки обратной связи $L_0 = 0,5 \text{ H}$ и сопротивление ее $R_0 = 13 \text{ }\Omega$.

ТАБЛИЦА 3

Без обратной связи				С обратной связью				
Частота f	Напря- жение на сетке модулят. V_c	Напря- жение на дресселе V	Коеффи- циент модуляц. $M\%$	Напряж. на втор. обмотке V_2	Напря- жение на обр. связи V_0	Напря- жение на сетке модулят. V_c	Напря- жение на дресселе V	Коеффи- циент модуляц. $M\%$
290	60	273	45,6	51	12	63	284	47
390	60	307	51	50	14	64	322	54
540	60	347	58	48	17	65	361	60
590	60	354	59	47	17	64	377	63
780	60	373	62	47	18	65	386	64
1080	60	378	63	46	18	64	389	65
1620	60	386	64	45	19	64	404	67

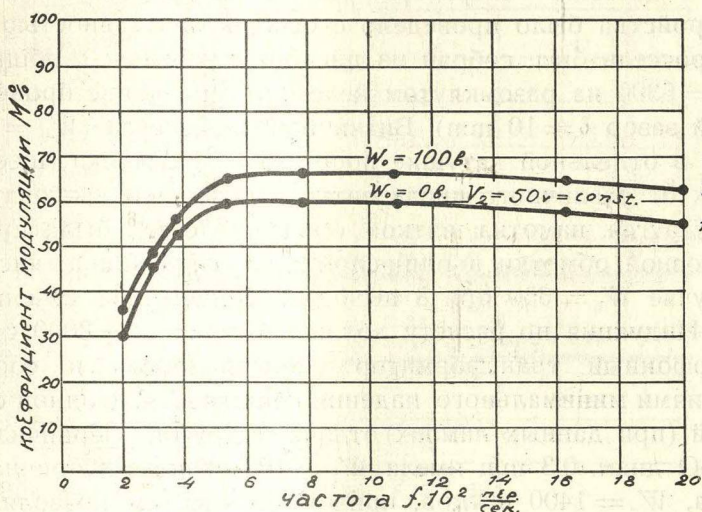
Из таблицы 3 видно, что при подключении обмотки обратной связи напряжение на вторичной обмотке микрофонного трансформатора падает тем больше, чем выше частота.

Хотя напряжение на обратной связи V_0 и увеличивается с частотой, но, благодаря уменьшению напряжения V_2 , результирующее напряжение V_c остается более или менее постоянным (63—64 в). При этом возрастание глубины модуляции весьма незначительно — около 6%, что объясняется, с одной стороны, малым числом витков обратной связи ($W_0 = 100$) по сравнению с числом витков модуляционного дросселя ($W \cong 7000$), и с другой стороны — падением напряжения в микрофонном трансформаторе. Кривые $M = F(f)$ приведены на черт. 11.



Черт. 11

При включении большего числа витков обратной связи падение напряжения в микрофонном трансформаторе увеличивается вследствие возрастания тока сетки; результирующее напряжение на сетке модулятора, хотя и увеличивается по сравнению с исходным V_2 (без обратной связи), но незначительно. Благодаря этому и модуляция возра-



Черт. 12

стает тоже незначительно. На черт. 12 приводятся кривые $M=F(f)$ для случая, когда модуляционный дроссель имел следующие постоянные:

Основная обмотка

Провод ПШД диам. 0,2 mm,
число витков $W=7500$,
сопротивление $R=785 \Omega$,
самоиндукция $L=21 \text{ H}$.

Обмотка обратной связи

Провод ПШД диам. 0,1 mm,
число витков $W_0=788$,
сопротивление $R=300 \Omega$,
самоиндукция $L=1,2 \text{ H}$.

Исходное напряжение на сетке модулятора было $V_2 = 50 \text{ в}$.

Из рассмотрения кривых черт. 11 и 12 очевидно, что для практического применения обратной связи необходимо микрофонный трансформатор конструировать таким образом, чтобы он давал минимальное падение напряжения в момент максимального тока сетки в модуляторе.

4. Обратная связь в реальных условиях работы. Предыдущее экспериментальное исследование было проведено, как отмечено выше, с радиопередатчиком очень небольшой мощности (около 10 Вт). Очевидно, что в предварительном усилении мощности звуковой частоты, даваемой микрофоном, при столь маломощном передатчике нет необходимости.

Поверка работы обратной связи в условиях, когда усиление мощности микрофона является необходимым, составила последнюю и заключительную часть настоящего исследования.

Для этой цели был смонтирован телефонный радиопередатчик работающий на лампах Б—250, из коих одна — в качестве модулятора и другая — в качестве генератора. Изготовление элементов модуляционного устройства было проведено с особой тщательностью. Модуляционный дроссель был собран из дисковых катушек с общим числом витков $W=6300$ на разомкнутом железном сердечнике броневго типа (воздушный зазор $\delta=10$ mm). Витки обратной связи ($W_0=900$) были размещены в отдельной катушке посредине сердечника; шесть клемм, выведенных от различного числа витков, позволяли включать нужное число их. Другая намотка витков обратной связи была произведена внутри основной обмотки в один слой вдоль сердечника; число витков в этом случае $W_0=650$ при 8 выводах. Поперечное сечение железа 6×9 см². Индукция по расчету должна быть $B_{max}=3000$ cgs μ.

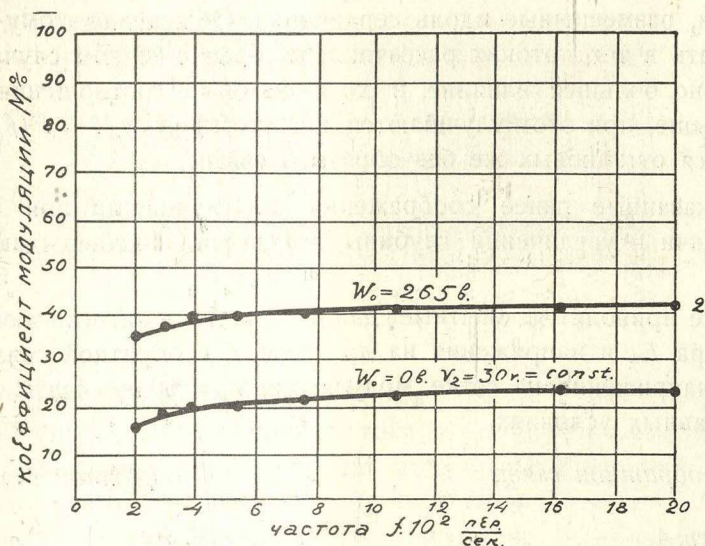
Микрофонный трансформатор сконструирован в соответствии с требованиями минимального падения напряжения, с одной стороны, и наибольшей (при данных лампах) отдачи, с другой. Первичная обмотка его из ПШО диам. 0,3 mm имела $W_1=100$ витков; вторичная, из того же провода, $W_2=1400$ витков, причем семь клемм позволяли менять коэффициент трансформации $\frac{W_2}{W_1}$ в пределах от 1 до 14.

Режим передатчика поддерживался постоянным: волна $\lambda=150$ m, напряжение питания $E_0=1500$ v, напряжение накала $E_n=10$ v. Ввиду «правой» характеристики лампы Б—250 отрицательного смещения на сетку модулятора не давалось. Для защиты от токов высокой частоты на витках обратной связи и на вторичной обмотке микрофонного трансформатора были поставлены конденсаторы небольшой емкости ($C=2500$ cgs ε). Не влияя на работу модуляционного устройства, эти конденсаторы играли очень полезную роль: во-первых, в поддержании нуля электростатических вольтметров при наличии колебаний в контуре и при отсутствии возбуждения в модуляторе; во-вторых, в поддержании постоянства тока покоя модулятора как при обратной связи, так и без нее; наконец, в уменьшении склонности модулятора к самовозбуждению (последнее обстоятельство подтверждает выведенную ранее формулу о самовозбуждении модуляторной цепи).

Метод исследования был принят тот же, что и в предыдущем случае, т.-е. получение кривых пропускания частот радиотелефонным передатчиком с обратной связью и без нее. Результаты, как и следовало ожидать, оказались удовлетворительными.

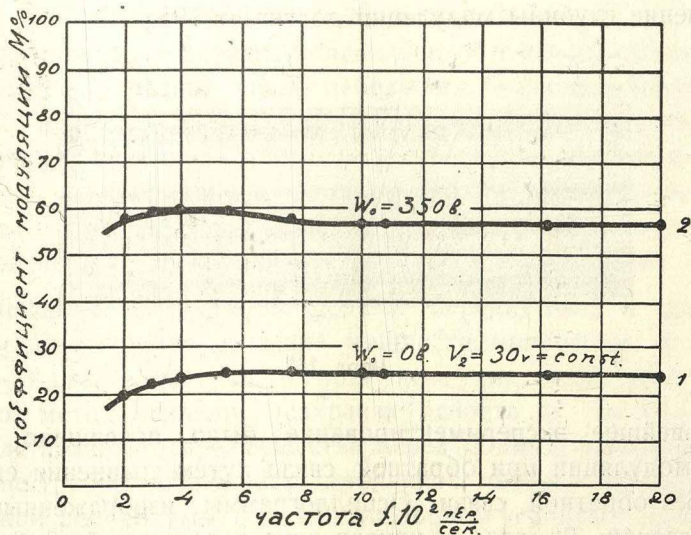
Графики, представленные на черт. 13, показывают, что как при обратной связи ($W_0=265$ витков), так и при выключении ее, кривые $M=F(f)$ остаются более или менее подобными; величина исходного напряжения на вторичной обмотке микрофонного трансформатора $V_2=30$ v поддерживалась постоянной; отношение числа витков пер-

вичной и вторичной обмоток микрофонного трансформатора было $\frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{10}$; падения напряжения V_2 при переходе на работу с обратной связью не наблюдалось.



Черт. 13

На черт. 14 представлены графики подобных же кривых для режима $V_2 = 30v$ при 350 витках обратной связи и без нее. Отно-



Черт. 14

шение $\frac{W_1}{W_2}$ было 1:14. Падения напряжения в микрофонном трансформаторе не наблюдалось и в этом случае.

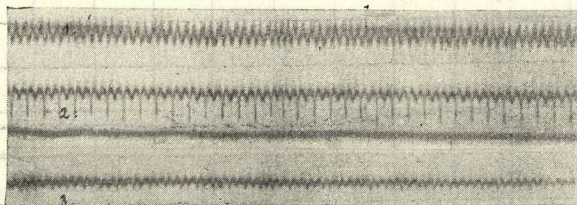
Испытание на слышимость методом параллельных омов показало увеличение слышимости в 6—7 раз с сохранением ясности и чистоты передачи. Необходимо отметить, что обмотка обратной связи, размещенная в виде плоской катушки, дала менее удовлетворительные результаты в смысле сохранения формы кривой пропускания частот, чем витки, размещенные вдоль сердечника. Объяснение этому явлению надо искать в тех потоках рассеяния, которые в первом случае имеют значительно большее влияние, и хотя фазовые соотношения, как отмечено выше, при этом улучшаются, но зато кривые $M = F(f)$ больше отличаются от таковых же без обратной связи.

Высказанные ранее соображения об улучшении при обратной связи отдачи и увеличении глубины модуляции подтверждаются полностью.

Ниже приводятся опытные данные постоянной слагающей тока модулятора $I_{ом}$ и напряжения на дросселе V с обратной связью и без нее при напряжении на сетке модулятора $V_c = 60 \text{ в} = \text{const}$, при всех прочих равных условиях.

Без обратной связи	С обратной связью
$I_{ом} = 27,5 \text{ мА},$	$I_{ом} = 25 \text{ мА},$
$V = 850 \text{ в},$	$V = 1000 \text{ в},$
$M = 56,5\%.$	$M = 66,5\%.$

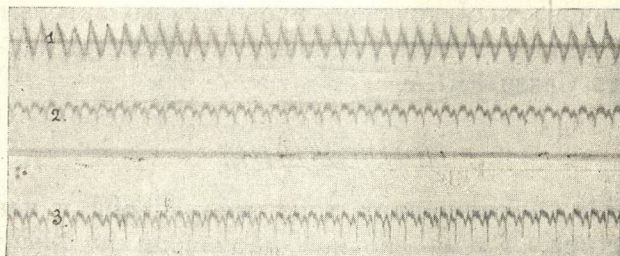
Уменьшение постоянной слагающей $I_{ом}$, правда, незначительно, но увеличение глубины модуляции достигает 10% .



Черт. 15

Дальнейшее экспериментирование было посвящено изучению качества модуляции при обратной связи путем сравнения его с таким же без обратной связи. Осциллограммы, изображенные на черт. 15, для гласной „О“, где 1 — кривая тока в первичной обмотке микрофонного трансформатора, 2 — модулированный ток в генераторном контуре при обратной связи ($W_0 = 350 \text{ в}$) и 3 — тоже без обратной связи, показывают: а) полное сохранение формы кривой для обоих (2 и 3) случаев и б) значительное увеличение глубины модуляции

Осциллограмма, представленная на черт. 16, снятая при возбуждении модулятора звуковой частотой ($f = 200 \frac{c}{s}$), подтверждает высказанные



Черт. 16

выше соображения о сохранении формы кривой и увеличении глубины модуляции. Здесь 1 — кривая тока в первичной обмотке микрофонного трансформатора, 2 — кривая модулированного тока в генераторном контуре и 3 — тоже, при обратной связи. В этих осциллограммах обращает на себя внимание то искажение формы кривой тока, подводимого к первичной обмотке микрофонного трансформатора, которое происходит в передатчике. Подобное искажение, не влияющее на чистоту и ясность передаваемой речи, может быть объяснено искажением в микрофонном трансформаторе. Возможно еще внесение некоторого искажения при выпрямлении для осциллографирования, хотя последнее должно быть весьма незначительным.

В процессе исследования выяснилось, что весьма полезно шунтировать обмотку обратной связи небольшим безиндукционным сопротивлением в 1000—2000 Ω . Не уменьшая заметно усиления, это сопротивление вместе с тем придает передаче большую ясность, отчетливость и равномерную громкость всех звуков. Кроме того, сопротивление способствует уменьшению склонности к генерации в модуляторной цепи в случае значительного изменения накала ламп.

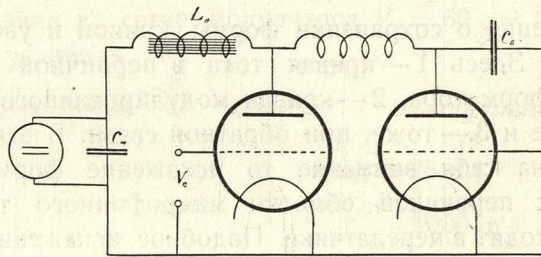
5 Заключение. В радиотелефонных передатчиках с анодной модуляцией, где требуется усиление мощности микрофона, не превосходящее 2—3 раз, может быть применена для этой цели обратная связь. Этот метод усиления, сохраняя ясность и чистоту передачи речи, представляет те преимущества перед подмодуляторным усилителем, что не требует отдельных источников питания, ламп, трансформаторов, кои необходимы в подмодуляторном усилителе. *При крайней простоте и несложности устройства обмотки обратной связи, она требует лишь наличия шунтирующих ее конденсатора и сопротивления, а также микрофонного трансформатора, удовлетворяющего требованию минимального падения напряжения при заданном режиме сетки модуляторной лампы.*

Совершенно очевидно, что возможность практического применения обратной связи ограничена диапазоном частот $200 - 2000 \frac{c}{s}$, т.е. пригодна лишь для коммерческой радиотелефонии.

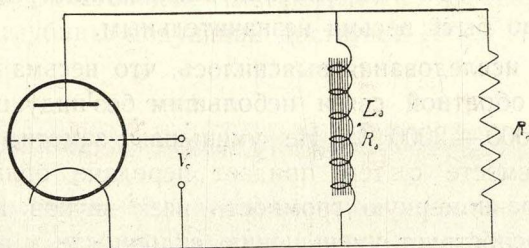
Изложенное в настоящей работе является результатом обработки экспериментального исследования, проведенного авторами во вторую половину 1927 года в Отделе Радиопередатчиков Научно-Испытательного Института Связи РККА.

ПРИЛОЖЕНИЕ

О фазовых соотношениях тока модулятора и напряжения на сетке модулятора. Схема анодной модуляции по Хисингу, представленная на черт. 17, может быть заменена эквивалентной схемой черт. 18, т. к.: 1) генераторная лампа Γ представляет для постоянного



Черт. 17

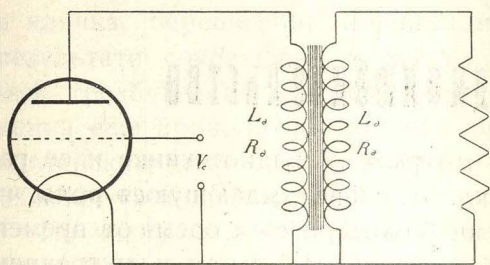


Черт. 18

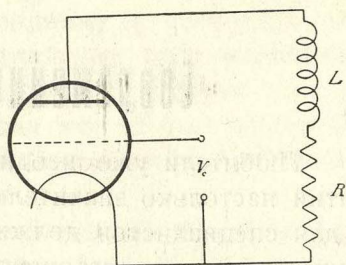
тока и токов звуковой частоты постоянное сопротивление R_a , 2) сопротивлением конденсатора $\frac{1}{\omega C_m}$ можно пренебречь в сравнении с ωL_a , 3) контур генератора можно не принимать во внимание, ибо конденсатор C_g выбирается таким, что его сопротивление для токов звуковой частоты очень велико в сравнении с R_a , 4) сопротивление дросселя высокой частоты мало в сравнении с R_a , след., им можно пренебречь и 5) емкостью модуляционного дросселя также можно пренебречь, вследствие ее малости.

Дроссель с железом L_a , являющийся автотрансформатором, можно заменить трансформатором с коэффициентом трансформации, равным

единице. Схема тогда приобретает вид, представленный на черт. 19.



Черт. 19



Черт. 20

Эту схему приводим к эквивалентной схеме черт. 20, где самоиндукция и сопротивление, как известно, будут:

$$L = L_d - \frac{\omega^2 M^2 L_d}{(R_i + R_d)^2 + \omega^2 L_d^2} = L_d - \frac{\omega^2 L_d^3}{(R_i + R_d)^2 + \omega^2 L_d^2},$$

$$R = R_d + \frac{\omega^2 M^2 (R_i + R_d)}{(R_i + R_d)^2 + \omega^2 L_d^2} = R_d + \frac{\omega^2 L_d^2 (R_i + R_d)}{(R_i + R_d)^2 + \omega^2 L_d^2},$$

$$Z_s = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2};$$

тот же результат получается, если Z_s учесть, как обратную величину суммы проводимостей

$$Z_s = \frac{Z_d R_s}{Z_d + L_s}, \text{ где } Z_s = R_s + j\omega L_s;$$

но первая форма выражения Z_s удобнее.

Ток в цепи Z_s (черт. 20) будет

$$I_m = \frac{KV_c}{\sqrt{(R_i + R)^2 + \omega^2 L^2}},$$

где R_i — сопротивление модуляторной лампы. От напряжения KV_c , а следовательно и V_c ток I_m отстает на угол ψ , равный

$$\psi = \arctg \frac{\omega L}{R_i + R}.$$

Если подсчитать величину ψ для описанного выше передатчика (лампы Б — 250; $L_d = 20$ H, $R_i = 30000 \Omega$), то для средней из звуковых частот $\omega = 12500$ получим значение ψ , равное

$$\psi \cong \arctg 0,0625;$$

следовательно $\psi = 3^\circ 35'$. Поэтому практически его можно не учитывать, считая I_m в фазе с V_c .

Москва,
Сокольники.
1928 г.

Современное радиолюбительство

Любители уже неоднократно сыграли в радиотехнике и ее развитии настолько значительную, исключительно выдающуюся роль, что и для специалистов должно быть не безинтересным время от времени внимательно присматриваться к изменяющимся формам и внутреннему содержанию неуклонно и местами даже бурно прогрессирующего радиолюбительства, которое стихийно захватывает в свои ряды в немалом числе подчас выдающиеся новые творческие силы, накапливает для науки ценнейший опытный материал и берет на себя иногда смелость диктовать технике новые направления для дальнейшего развития.

Любительство в области радио имеет свои степени и оттенки, которые, в известной мере, определяются условиями времени и места. Однако в настоящее время во всех передовых странах для радиолюбителя, так сказать, высшей квалификации установились следующие общие признаки. Прежде всего он, конечно, коротковолновик, т. е. у него всегда есть собственноручно собранный коротковолновый передатчик и такой же приемник, с помощью которых он, по возможности, регулярно поддерживает, непременно двустороннюю, радиотелеграфную связь со своими случайными корреспондентами в отдаленнейших уголках земного шара, конечно, в достаточной мере умея при этом принимать и передавать сигналы азбуки Морзе. Успешность связи подтверждается обыкновенно многочисленными почтовыми карточками-квитанциями из всех стран света, которые, как правило, украшают стены его радиостанции. Он внимательно следит за новинками по журналам, проектирует немножко сам и без конца переделывает свои аппараты, все время стремясь их усовершенствовать. При этом он часто сам сотрудничает в журналах и принимает деятельнейшее участие в местной организации коротковолновиков радиолюбителей. Разумеется, он неизменный участник всяких современных «тэстов» в области коротких волн. И все это, конечно, только в свободное от службы время, часто вместо сна и полного отдыха.

Верхним пределом доступных достижений для такого типичного радиолюбителя, если можно так выразиться, высшей пробы, является в настоящее время сооружение своего исправно действующего радиотелефонного передатчика для коротких волн, а возможным пределом осуществимых мечтаний — прием и передача по радио изображений и радиотелеоптика; в самых же редких единичных случаях, еще и радиотелемеханика в виде управления механизмами по радио. Высокопробных дилетантов радио, обладающих собственными радиотелеграфными передатчиками, в Соединенных Штатах Северной Америки в июне

прошлого года насчитывалось более 17000. Уже довольно давно за ними утвердилась в любительских кругах и журналах не совсем удачная кличка, перешедшая, повидимому, по традиции от телеграфистов в результате сокращения каких-то двух английских слов, выражающая трехбуквенным неологизмом «хэм» — словом, которое до появления еще проволочно-телеграфного жаргона всегда употреблялось в английском языке только в своем прямом общеизвестном значении, обозначая «ветчину».

По числу «хэмов» Северная Америка, как показывают следующие данные, заимствованные из Logbook, изданной в Англии «Радиообществом Великобритании», далеко оставила позади себя остальные страны. К июню прошлого года во всей Европе «хэмов» было не более 3 тысяч человек, из которых на долю СССР приходилось всего лишь около двух десятков человек, а в то же время во всех внеевропейских странах вместе взятых (кроме Соедин. Шт. Сев. Америки) их насчитывалось только около 2000 человек.

За последний год число «хэмов» в разных странах возросло, и притом весьма неравномерно; так, например, в СССР их теперь уже значительно больше сотни (с нелегальными, но известными среди любителей, до 180), т.е. за год число их увеличилось процентов на 800, тогда как в Соед. Штатах; которые давно уже пережили период бурного роста «хэмства», за тот же последний год число «хэмов» могло возрасти не более, чем на 13 %, если судить по примеру предыдущего года, когда такой прирост действительно имел место. Но численную оценку развития радиолубительства в каждой стране нельзя делать на основании подсчета одних только «хэмов». Не надо забывать, что этот высший разряд дилетантов пополняется все время из ближайшего к нему среднего, очень многочисленного контингента любителей, хотя еще и не имеющих собственных ламповых передатчиков, но уже вполне освоившихся с приемом не только длинных, но и коротких волн и с применением электронных ламп в приемниках.

Число таких «Эр-Ка», как они называют себя в СССР применительно к коду Морзе, весьма велико в каждой стране, по сравнению с числом «хэмов». Но несравнимо больше во всех странах число радиолубителей, стоящих на самой элементарной ступени дилетанства и еще не изведавших вовсе практики коротких волн. Это любители, принимающие длинноволновое ширококовечание на самодельные приемники с кристаллическими детекторами в Европе и на самодельные ламповые в Америке, где широкое распространение электронной лампы уже успело значительно вытеснить кристаллический детектор. Число этих начинающих любителей чрезвычайно велико и не поддается сколько-нибудь точному учету, так как в Америке их не регистрируют вовсе, а в Европе они очень часто совершенно ускользают от регистрации. Ускользающие от регистрации или «радио-зайцы», как их у нас называют запросто, в особенности, когда с ними борется административная власть, преследующая их, как уклоняющихся от платежа за

пользование радиовещанием, считаются общественным злом, но, вместе с тем, они являются часто тем кадром, из которого пополняются впоследствии ряды самого деятельного радиолюбительства.

Ниже их по квалификации стоят только так называемые теперь «радио-слушатели», которые, часто будучи друзьями радио, однако совершенно также едва ли могут быть причислены к радиолюбителям, как не может, например, никому притти в голову назвать любителями-электротехниками всех едущих в трамваях или тех, кто просто пользуется, скажем, готовым электрическим освещением и другими приложениями электричества в домашнем быту, совершенно не интересуясь техникой этого дела и не проявляя никакой технической активности. «Радио-слушатели» это просто потребители, являющиеся благодарным материалом для статистики, подводящей время от времени итоги успехам радио и подсчитывающей для этого число зарегистрированных в той или иной стране приемников. Статистические данные этого рода в большинстве государств, за исключением американских, обновляются ежегодно благодаря обязательной перерегистрации приемников; но, конечно, их можно принимать во внимание лишь до известной степени, если желают оценить радиолюбительство, как общественное явление, так как из-за наличия «зайцев» и при невозможности отделить среди легальных дилетантов активных радиолюбителей от пассивных покупателей готовых приемников, трудно сделать сколько-нибудь ценные выводы из очередных публикуемых в прессе статистических сообщений в роде следующего: «Число зарегистрированных в СССР на 1 октября 1927 г. радиоприемников было 216 тысяч». Число приемников остается мертвым числом приборов, и каждому читателю такого сообщения предоставляется воображать около каждого приемника произвольное живое число радиослушателей и радиолюбителей. Таким образом теряется всякая возможность подойти к точному учету радиолюбительства. Одно остается очевидным—это почти повсеместное и непрерывное продолжение стихийного роста радиолюбительства, независимо от случайных местных и временных причин, вызывающих вдруг неожиданно иногда и кое-где некоторое уменьшение числа зарегистрированных приемников. Последняя регистрация в Великобритании дала около 2 $\frac{1}{2}$ миллионов приемников и отметила возрастание их числа на 20000 в месяц.

Жизнь радиолюбительства отражается в разноязычной специальной радиолюбительской периодической печати всех стран света, которая своими органами стремится ответить на запросы дилетантов всех оттенков. Основной осью, около которой прежде всего вращаются интересы всех любителей без исключения, является развитие новых конструкций и схем радио-приборов: передатчиков, приемников, волномеров и измерительных приборов разных назначений, а также выпрямителей, трансформаторов, аккумуляторов и т. п. вспомогательных устройств. Журналы наперебой стараются засыпать читателя обилием, по большей части, обстоятельнейших статей на подобные темы, обильно снабжаемых иллюстрациями, расчетами и рабочими чертежами. Во

многих американских журналах особенно бросается в глаза, что при рекомендации читателю тех или иных имеющихся в продаже готовых частей, изготовляемых на фабриках, редакции не всегда удается сохранить полное беспристрастие при указании возможных путей к их приобретению, и подчас получается впечатление, что между некоторыми недостаточно себя уважающими журналами и известными фирмами, нуждающимися в рекламе, устанавливается довольно тесная связь. В этом отношении пример американцев начинает находить себе подражателей и в Европе. Кроме того, имеются также журналы, носящие уже явно фирмовой характер, начиная с маленького очень интересного и ценного американского «General Radio Experimenter» и кончая толстым американским же роскошным «Radio Broadcast».

Наряду со статьями технического характера, посвященными новым конструкциям, не менее видное место отводится в любительских журналах научным статьям, популяризирующим среди любителей научные вопросы, имеющие отношение к радио. Под такими статьями нередко можно встретить хорошо известные имена специалистов, успешно выступающих в роли популяризаторов знания. Отделы этих статей во многих радиолубительских журналах ведутся с отменным искусством и удовлетворяют, поскольку возможно, присущую радиолюбителям жажду знания. Особенно выгодно отличается в этом отношении превосходный английский журнал «Experimental Wireless». Не довольствуясь изложением отдельных наиболее интересных для любителя вопросов физики, некоторые журналы дают целые циклы статей, посвящаемых известным отделам науки. Чаше всего подобные циклы носят характер общедоступно изложенных обзоров, но иногда это бывают даже маленькие популярные учебные курсы, в случае надобности, снабжаемые достаточным числом задач и упражнений; так, тот же «Experimental Wireless» дал читателям в течение истекшего года на своих страницах очень толковый краткий курс применимой математики. Учитывая потребности и нужды радиолюбителей, журналы стремятся помочь читателям углубить свои знания, расширить научный и технический кругозор и познакомиться с новинками в области радио. За последние годы некоторые журналы успели постепенно дать своим читателям, помимо научных статей и огромного количества материала для конструкции приборов, законченные толковые словари радиотехнических терминов, словари языка эсперанто, библиографические обзоры, хронику и летопись радиолубительской жизни. Некоторые журналы заметно оттеняют свое, так сказать, радиоспортивное направление, уделяя большое внимание рекордам передачи и приема. Большинство журналов ведут также отделы переписки с подписчиками и радио-консультации. Особый интерес представляют для радиолюбителей специальные небольшие журналы, посвященные исключительно коротким волнам: например, «CQ» в Германии, «Journal des 8» во Франции и т. п.

Радиолубительская периодическая печать возникла и выросла на наших глазах. Общее число ее органов, если не считать мелких мест-

ных радиогазет, обслуживающих исключительно интересы радиослушателей, главным образом, программами радиовещания, достигает во всем мире в настоящее время почти сотни. Из них на долю СССР приходится пока всего четыре журнала: «Радиолучитель», «Радио Всем», «Новости Радио» и «Радиолучитель по радио», представляющий «газету без бумаги».

Старейшим радиолучительским органом является английский журнал «Wireless World», возникший полтора десятка лет тому назад из профессионально-технического журнала «Marconigraph», издававшегося с 1911 г. в Англии фирмой Маркони для судовых радиотелеграфистов. За два года своего существования «Marconigraph» получил широкое распространение также и среди успевших уже к тому времени размножиться радиолучителей, когда на земном шаре вообще было всего только три радиожурнала, из которых один был «Marconigraph», другой, издававшийся в Цюрихе («Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie»), носил узко специальный научно-технический характер, мало доступный для дилетантов, и являлся органом для специалистов, а третий был посвящен чисто фирмовым интересам О-ва Телефункен («Telefunken Zeitung»). Несколько раньше превращения Marconigraph'a в «Wireless World», нарастающее повсюду внимание к радио и назревавшие интересы радиолучительства подготовили и в других странах появление подобных же органов печати.

В начавшем выходить в России в 1912 году «Вестнике телеграфии без проводов» (просуществовал два года и прекратился в начале империалистической войны), по поводу успеха только что народившегося тогда журнала «Wireless World», рецензент отметил «поразительную, для нас, русских, совершенно непонятную его распространенность: он выходит в количестве 50000 экземпляров!». Однако, такая «непонятная распространенность» становилась понятной, когда читатель год спустя в том же журнале (1914 г., № 1, с. 41) в хронике читал: «Как известно, в САСШ устроено очень много, более полутора тысяч, любительских радиостанций, которые подчас совершенно не считаются с изданными обязательными постановлениями по радиотелеграфной части и мешают служебному и коммерческому обмену радиотелеграмм. Правительство Штатов решило самым энергичным образом бороться против своеволия любителей, и в результате этого решения один из таких любителей был арестован по обвинению в несоблюдении означенных правил. На суде он доказывал невозможность для него кому-нибудь мешать в виду того, что его радиостанция слишком для этого слаба. Он был отпущен на свободу лишь после того, как дал обязательство безусловно исполнять все обязательные на сей предмет постановления». Вот в каких условиях пробивало себе дорогу радиолучительство в то время, когда на него еще смотрели в некоторых кругах, как на проявление злой воли каких-то озорников, причинявших окружающим одно беспокойство. Тем не менее 1½ тысячи американских любительских передатчиков делали свое дело и упорно продол-

жали работать к великому всемирному соблазну. И действительно, пример их был настолько заразителен, что перед войной 1914 года лондонские крыши уже были в огромном количестве покрыты щетиной антенных любительских мачт ¹⁾. В других европейских странах любители, хотя и немногочисленные, все же появились также еще до мировой войны. Но с началом войны все переменялось. С лондонских крыш в несколько дней исчезли малейшие признаки антенн. Зато, вместо исчезнувшей щетины крыш, ощетинились целиком друг против друга европейские нации и любительскому радиотелеграфу сразу пришел конец в Европе на все время войны — радиотелеграф был изъят из частных рук, как возможное орудие шпионажа, ослаблявшего обороноспособность каждой из стран. К тому же, европейская молодежь, пополнявшая раньше из своих рядов кадры радиолюбителей, в целом ряде стран была взята на войну почти в полном своем составе на целых четыре года. При благоприятных обстоятельствах мобилизованные радиолюбители во многих случаях попадали в военные радиотелеграфисты, на все время войны превращались в профессионалов и приходили в соприкосновение с последними достижениями радиотехники. В свою очередь радиотелеграфные войска после их демобилизации по окончании войны содействовали пропаганде радио в самых широких кругах населения. Таким образом, война, нанеся удар радиолюбительству, подготовила для дальнейшего его существования более благоприятную почву.

Радиолюбительство, получившее возможность окрепнуть после войны, не замедлило расцвести вскоре после 1920 года, когда началось в самом широком масштабе радиовещание.

Правовое положение радиолюбительства в разных странах было и до сего времени продолжает быть очень не одинаковым. Наиболее либеральными законодательствами по отношению к нему до сих пор остаются законодательства С.-А. С. Штатов и Аргентины, в которых допускается совершенно свободное и неограниченное пользование приемниками без всякой регистрации и без всякого денежного обложения радиолюбителей; но все же и в Америке требуется обязательная регистрация передатчиков, причем выдача разрешений на эти последние ограничивается соблюдением целого ряда условий, устанавливающих различные категории радиолюбителей по степени их квалификации. В Европе одним из отсталых в отношении радио является законодательство Германии, до 1923 года не разрешавшее гражданам иметь даже приемники и до сих пор не разрешающее вовсе частным лицам и частным организациям (кроме фирм и занимающихся экспериментами радиолюбительских обществ) иметь у себя передатчики.

¹⁾ Англия была первой страной, признавшей радиолюбительство юридически еще на самой заре его существования. Английский закон о радиолюбительстве был издан в 1904 году. Примеру Англии последовала, хотя и не очень скоро, Сев. Америка, издавшая свой закон в 1910 году.

Поэтому немецкие радиолюбители и их радиожурналы до сих пор вынуждены заниматься преимущественно одними только приемниками. К числу очень немногих стран, не дававших права гражданам иметь даже и приемники, принадлежала до самого последнего времени Болгария. Но и там, наконец, последняя брешь теперь пробита стихийной волной все еще разрастающегося радиолюбительского движения. Появляется радиовещание; легализируются радиослушатели изданием соответствующего закона. Законодателям отставших стран, плетущихся в хвосте радиолюбительского движения, предоставляется богатый выбор готовых образцов для подражания во множестве государств, среди которых в Европе с самого начала, в отношении терпимости к радиолюбителям, еще за 10 л. до империалистической войны, выделялись своим либерализмом Англия и Голландия, хотя последняя с тех пор успела уже отстать ¹⁾.

Упорядочению радиолюбительства много содействовала постепенная организация любительских обществ и союзов, которые заботились об устранении „хаоса в эфире“, помогали радиолюбителям в их начинаниях и облегчали взаимоотношения между радиолюбителями и административной властью, при выполнении этой последней возлагавшихся на нее радиозаконодательством обязанностей.

Во всех странах, кроме Америки, радиолюбительство является предметом прямого и косвенного государственного обложения. С одной стороны, везде, кроме Америки, разрешения, выдаваемые радиолюбителям, облагаются известным сбором с каждого зарегистрированного приемника или передатчика; сбор в среднем колеблется в большинстве стран за передатчик около 15 руб. в год на наши деньги, за приемник же значительно дешевле — нигде не свыше 10 руб., а в СССР, как известно, сбор за разрешение приемника для определенных категорий любителей является даже совершенно исключительно маленьким, на передатчики же в СССР разрешения выдаются совсем бесплатно. Такие же бесплатные разрешения на передатчики выдают в Швеции. В то же время во многих странах предметы, изготовляемые радиопромышленностью, облагаются косвенным налогом, часто доходящим до 10 — 15 и более % их стоимости.

Во всем сказанном в достаточной мере чувствуется некоторая неопределенность правового положения радиолюбителей в современных государствах. С одной стороны, они, как будто бы, полезные плательщики прямых и косвенных налогов, всегда готовые к мобилизации в военное время, квалифицированные техники связи, бескорыстные собиратели ценного для науки материала — словом, полезнейшие граждане, с другой же стороны — их держат во многих государствах под надзором, во всяком случае регистрируют, местами даже едва терпят, как неизбежное зло; наконец, берут под подозрение и боятся с их

¹⁾ Разрешения на передатчики выдаются до сих пор в Голландии, как правило, только любительским организациям, но не отдельным лицам.

стороны всяких зловредных действий не только в военное, но даже и в мирное время. И если в отношении радиоприема любители не чувствуют теперь особого стеснения своей свободы в большинстве государств, то нельзя того же сказать в отношении права иметь передающие радиостанции. Интересные данные по этому вопросу собраны в апрельском № за текущий год маленького ежемесячного немецкого журнала „CQ“. Оказывается, частным лицам пока все еще не разрешается иметь любительских радиопередатчиков не только в Германии и Голландии, но еще и в Австрии, и Югославии. А о Болгарии даже не говорят. Однако, по имеющимся сведениям, в Австрии и Голландии такое стеснение уже доживает свои последние дни, в Германии тоже есть основание ожидать в скором времени благоприятного разрешения давно назревшего вопроса, и тогда в Европе останутся под вопросом только два отставших славянских государства. Между прочим характерно, что в той же Югославии уже и теперь в изъятие от закона работает до двух десятков „хэмов“, пользующихся особой протекцией почтового ведомства в Белграде.

Далее оказывается, что в 8 европейских странах, берущих пример с Англии, радиолюбителям, имеющим передатчики, предлагается к неуклонному исполнению ряд технических правил, которым они должны следовать при работе на своих передатчиках в интересах общего „порядка в эфире“. Сюда относятся: обязательная строгая стабилизация волны, для гарантии чего предлагается любителям иметь точно выверенные волномеры, обязательное применение только постоянного или хорошо выпрямленного переменного тока, запрещение излучать так называемую негативную волну. Наконец, иногда к этому добавляется еще запрещение непосредственного связывания генерирующего контура с антенной.

В остальных странах Европы, не вошедших в число упомянутых восьми, к радиолюбителям не предъявляется перечисленных требований или потому, что радиолюбители по собственной инициативе и без всякого принуждения применяют для питания передатчиков исключительно ток одного направления и никогда не работают негативной волной (Швеция, Дания) или просто потому, что законодательство о радиолюбительстве еще не успело дойти до такой детальной регламентации в некоторых государствах (СССР, Литва, Испания).

Для получения права на передатчик от радиолюбителей требуется во многих государствах умение передавать и принимать сигналы азбуки Морзе. Минимальная скорость для того и другого в Англии, Венгрии и Норвегии определена в 60 букв в минуту (впрочем, в Норвегии знание Морзе необязательно для занимающихся радиотелефонией). В Швейцарии и Польше эта скорость понижена до 30 букв в минуту, но зато при этом допускается не более трех ошибок в течение 10 минут работы. Во Франции существуют две категории — радиотелефонисты, от которых требуется 33 буквы, и радиотелеграфисты, для которых минимальная скорость 66 букв в минуту. В целом ряде

других государств к радиолюбителям не предъявляется в этом отношении никаких требований (напр., в Дании, Швеции, Италии, Испании). Там же, где производится экзамен по Морзе, за последнее время обнаруживается тенденция установить для радиолюбителей также экзамен по радиотехнике.

Мощность любительских передатчиков в некоторых государствах ограничивается известными пределами. Так, в Англии и Франции она не должна превосходить 1000 ватт, в Испании 500, в Бельгии и Литве 100, в Швейцарии и Австрии 50.

В Швейцарии, Австрии, Литве, Польше и Венгрии от домогающихся разрешения требуется свидетельство о благонадежности от полиции. В некоторых государствах разрешения не выдаются несовершеннолетним, в Италии же, сверх того, не выдаются тем, кто раньше подвергался каким-либо взысканиям. В трех государствах принудительно требуется принадлежность к радиолюбительским организациям. Вообще же во всех государствах группировка радиолюбителей вокруг соответствующих организаций, как правило, широко поощряется.

На последней международной радиотелеграфной конференции, состоявшейся в Вашингтоне в конце 1927 года, радиолюбители, имеющие передатчики, впервые были наконец официально признаны: им было впервые уделено внимание в международных радиосношениях, тогда как на предыдущей такой же международной конференции 1912 года о них, как таковых, даже не было упоминания, и их существование даже как бы игнорировалось. При этом, на конференции 1927 года под радиолюбителями разумелись лица, которые, с надлежащего разрешения, интересуются радиотехникой исключительно для себя лично, без всякого денежного интереса. Для этих радиолюбителей, по настоянию делегатов Америки, Канады и Новой Зеландии, конференция отвела следующие диапазоны волн в общем распределении (числа выражают длины в метрах):

175 — 150, 85 — 75, 42,8 — 41, 21,4 — 20, 10,7 — 10, 5,35 — 5.

Этим актом международной конференции положено начало в официальном авторитетном признании за радиолюбительством права на легальное существование в шести небольших областях частот, из которых четыре предназначены исключительно только для радиолюбителей, чтобы дать этим последним действительную возможность, не мешая другим, развить и укрепить общение и дружеские связи среди „граждан земного шара“, а также предоставить желающим свободное поле для научных опытов и обогащения этим путем сокровищницы науки новыми лептами „вольных сынов эфира“ — современных радиолюбителей, незаметно накапливающих огромный опытный материал для радиотехники и физики будущего.

Жестчение в электро-вакуумной технике, как вид электрической абсорбции

Д. К. Фраже

Применение самых совершенных насосных устройств в современной технике высокого вакуума все же не обеспечивает снятый с насоса баллон от некоторого повышения давления газа. Это увеличение давления, между прочим, неизбежно связано с процессом отпайки эвакуированного баллона.

Поэтому, коль скоро баллон снят с насоса, позднейшее удаление оставшихся в нем газов достигается особыми приемами химического и электрохимического характера. Применение химических поглотителей, однако, бывает полезным и во время процесса откачки, но не всегда уже удобно в запаянном баллоне. Известны, например, свойства древесного угля, палладиевой черни и других веществ, способных при низкой температуре поглощать большие объемы газов. Щелочные и щелочно-земельные металлы также реагируют почти со всеми газами, кроме редких одноатомных газов и дают возможность применять их в качестве поглотителей. Явление «зажестчивания» рентгеновых трубок и катодных ламп в течение их работы заставляет обратить внимание на электрический разряд в газах, как процесс, вызывающий изменение давления в баллоне. Уменьшение давления газа даже в обычной лампе накаливания по мере распыления волоска также является хорошо известным.

Все эти процессы являются результатом электрохимических процессов, происходящих в вакууме и способствующих его повышению. Уменьшение давления газа в баллоне под действием электрического разряда замечено было еще в 1858 г. Плюккером и, тем не менее, вопрос этот даже теперь лишен ясности.

В настоящей статье сделана попытка обработки в сжатой форме вопроса, поставленного в заголовке статьи. Здесь приведены выдержки из наблюдений отдельных авторов и отчасти сделаны обобщения личных наблюдений процессов, связанных с исчезанием газа под влиянием электрического разряда.

При рассмотрении явлений «электрической абсорбции» оттеняется та сторона вопроса, которая предусматривает абсорбцию при отсутствии всяких химических поглотителей, так как именно эта сторона явлений представляет наибольший интерес. Применение щелочных и щелочно-земельных металлов, иногда вводимых в баллоны пустотных ламп в качестве поглотителей, является делом сомнительной практи-

ческой ценности¹⁾ и достижение самого высокого вакуума без помощи этих металлов, но путем электрического разряда, не только возможно, но и желательно, потому что только при этом условии можно рассчитывать на сохранение постоянства давления внутри баллона и, так сказать, на чистоту работы электронного механизма, что исключительно и имеется в виду.

I. Абсорбция, адсорбция, химическое поглощение²⁾

Поглощение газов углем и ему подобными веществами — явление, повидимому, сложное и во всяком случае не похожее на поглощение, например, кислорода накаленной вольфрамовой нитью с образованием окислов. В случае же поглощения газов металлами, повидимому, имеет место растворение газа в металле подобно тому, как кислород или азот растворяются в воде. И хотя поглощение водорода углем является специфическим явлением, весьма напоминающим растворение, этого нельзя сказать относительно всех других газов. Кроме того известно, что всякая чистая поверхность после эвакуации способна поглощать определенные количества различных газов, делая это явление сходным с конденсацией пара на поверхности. Вероятная толщина газового слоя при этом бывает порядка диаметра одного атома.

Чтобы внести различия в эти несомненно разнородные явления, в специальной литературе установлена особая терминология. Применяя понятие «поглощение», мы относимся безразлично к физико-химической стороне явления, так как поглощение может быть вызвано поверхностной конденсацией, химическим взаимодействием или растворением газа в поглотителе. А потому установлены следующие понятия:

а) Абсорбция есть такое растворение газа в твердом теле, для которого справедлив закон диффузии Фикка: в начальный момент диффузия происходит с весьма большой скоростью, которая, однако, быстро убывает; равновесие теоретически наступает через бесконечно большой промежуток времени; процесс ускоряется с возрастанием температуры.

б) Адсорбция есть явление поверхностной конденсации и практически происходит мгновенно. Она быстро убывает с возрастанием температуры и обуславливается состоянием поверхности; для металлов она вообще мала.

в) Химическое поглощение, т.-е. реакция, сопровождающаяся образованием сложных веществ.

г) Электрическая абсорбция или жестчение есть комплекс электро-химических процессов в эвакуированном и запаянном баллоне, вызываемых электрическим разрядом в газе при обязательном условии

¹⁾ G. W. Kaye, High vacua.

²⁾ S. Dushman. Production and Measurement of high vacuum. H. Rowe, Phil. Mag. 1926.

ионизации или резонансного возбуждения этого газа и имеющих целью понизить давление газа до возможно низкого предела¹⁾.

II. Общие положения для электрической абсорбции

1. Скорость исчезания газа пропорциональна току разряда.
2. Отношение числа исчезающих молекул к числу столкновений с электронами не зависит от электронного тока; до $\frac{1}{6}$ общего числа молекул, подвергнутых ударам, может исчезнуть²⁾.

3. При постоянном давлении и постоянном электронном токе скорость исчезания пропорциональна давлению³⁾.

4. Опыты подтверждают, что скорость исчезания пропорциональна скорости ионизации; коэффициент пропорциональности, однако, не установлен.

5. Сложность задачи проникновения в тайну электрической абсорбции объясняется тем, что выделение или исчезание газа в вакууме может происходить еще от многих других не электрических причин, маскирующих основное исследуемое явление.

6. Химическая абсорбция тщательно исследована Лэнгмюром. Она особенно заметна для водорода в присутствии накалированных металлов и особенно вольфрама и для газов, которые способны реагировать химически с веществом баллона. Такие газы как N_2 или CO реагируют с вольфрамом лишь при высоких температурах, при которых делается ощутительным давление паров.

Эта химическая абсорбция легко отличается от электрической, так как она может происходить при отсутствии разряда.

7. Свежая, чистая поверхность баллона, полученная посредством отложения некоторых веществ на его поверхности, вызывает абсорбцию газа; этот вид абсорбции нельзя считать электрическим.

8. Выделение газа в баллоне тесно связано с нагреванием. Вся предшествующая наблюдению история баллона, температурная и иная его обработка до эвакуации оказывают влияние на картину абсорбции. Эта часть вопроса представляется весьма туманной.

9. Нагревание эвакуированного баллона почти всегда связано с повышением давления. Весьма длительный прогрев на насосе при наивысшей допустимой температуре и высшем возможном вакууме может уменьшить это давление.

10. Выделение газа может происходить и без непосредственного воздействия температуры, а именно, при ударах электронов в поверхность, покрытую газовым слоем. Представляется очевидным, что уда-

¹⁾ Определение мое. Д. Ф.

²⁾ A. Hughes. Phil. Mag., 1921.

³⁾ S. Dushman. Gen. Electr. Review, 1921.

ряющие в поверхность электроны могут отрывать газовые частицы от анода и всякой другой поверхности даже без значительного нагревания последней.

Внешним признаком степени пустотности лампы, в рассматриваемый момент, может служить измерение по принципу ионизационного манометра, по которому давление определяется как

$$p = \alpha \frac{i_g}{i_a},$$

где α до известной степени независима от p , i_a , V_g для большинства применяемых баллонов. При опытах N. Campbell'a и E. New ¹⁾ средний свободный путь электронов, вычисленный по α , был всегда больше, чем самые большие размеры баллона. С увеличением V_a увеличивается также α . Для каждого баллона, каждого V_a и, если необходимо, давления, α определяется градуировкой по манометру Мак Леода.

Результаты лучше всего выражаются отношением $\frac{n_1}{n_2}$, где n_1 число исчезнувших молекул в 1-цу времени и n_2 число ионов, выделенных за это же время.

Если при этом ионы не воссоединяются и имеют единичные заряды, то

$$n_2 = \frac{i_g}{e},$$

$$n_1 = -NV \frac{dp}{dt},$$

где N число молекул в единице объема газа при единице давления и температуре 20°. V — объем баллона и e — заряд электрона. Отсюда

$$\frac{n_1}{n_2} = -\alpha V N e \frac{1}{i_g} \frac{dp}{dt} \left(\frac{i_g}{i_a} \right),$$

где все величины в правой части доступны для измерения.

Давление удобно заменить величиной $\frac{d}{\lambda}$, где d некоторая величина, характеризующая размеры баллона, и λ средний свободный путь электрона или иона.

Это отношение пропорционально давлению.

Если d — расстояние между анодом и сеткой, λ — средний путь нейтральной молекулы, то $\frac{d}{\lambda}$ будет, до некоторой степени, числом соударений на пути прохождения ионов внутри баллона.

При экспериментальной проверке предполагается, что ошибки измерения не превосходят 10%.

¹⁾ Phil. Mag. 1924.

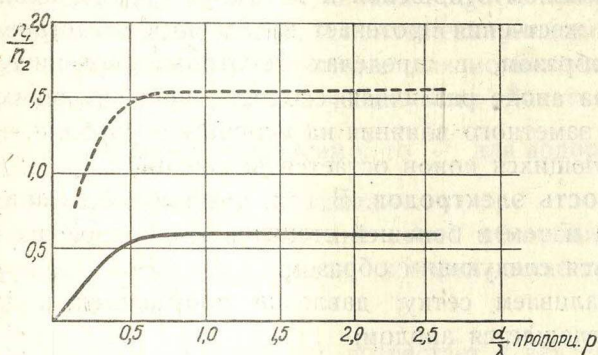
12. За начальное давление принимается 0,001 мм Hg.

13. Ниже приведены кривые абсорбции, черт. 1, важнейшие особенности которых следующие:

А. При более высоких давлениях $\frac{n_1}{n_2}$ почти не зависит от давления.

Б. При более низких давлениях $\frac{n_1}{n_2}$ быстро уменьшается с давлением, стремясь к нулю.

В. Постоянное максимальное значение $\frac{n_1}{n_2}$ немного более 1-цы.



Черт. 1

14. Пунктирная кривая относится к случаю, когда перед впуском в баллон газа был испарен магний, покрывший баллон изнутри. В этом случае величина $\frac{n_1}{n_2}$ стала больше единицы, что наблюдается, однако, и в других случаях, при особых предварительных обработках стекла баллона.

Вольты анода. Как зависит $\frac{n_1}{n_2}$ от V_a , в то время как от последнего зависит скорость ионизирующих электронов, и от расположения электродов?

Влияние V_a обследовано повторными опытами. Полученные результаты, однако, весьма расплывчаты для построения кривых и неожиданны, а именно, при значениях V_a от 50 до 300 в, $\frac{n_1}{n_2}$ оказывается наибольшим при 50 в.

Такое малое значение для V_a объясняется тем, что ионный ток был далек от насыщения и что не все положительные ионы попадали на сетку, а частью исчезали в результате воссоединений. Вследствие этого n_2 больше, чем $\frac{i_g}{e}$, и значение $\frac{n_1}{n_2}$, вычисленное по уравнению

$$\frac{n_1}{n_2} = -\alpha V N e \frac{1}{i_0} \frac{dp}{dt} \left(\frac{i_g}{i_a} \right),$$

получается чрезмерно большим.

Для значения V_a в пределах 80 — 300 в сколько-нибудь резкой зависимости $\frac{n_1}{n_2}$ не замечается. Обстоятельство это, вероятно, подтверждает справедливость мнения, что, при достаточно полном удалении газов из электродов, появление газа остается возможным лишь из стеклянных стенок баллона, которые должны быть для этого нагреты теплоизлучением раскаленного анода до определенной температуры. В данном случае, рассеяние на аноде должно быть слишком мало для того, чтобы нагреть стекло до высокой температуры.

В практике жестчения часто наблюдаются ошибки при недостаточно внимательном отношении к величине V_a . При понижении V_a на 20% процесс жестчения протекает иногда втрое быстрее.

Таким образом, в пределах некоторых, сравнительно низких, напряжений на аноде различная скорость ионизирующих электронов не оказывает заметного влияния на скорость абсорбции, так как количество образующихся ионов остается неизменным.

Поверхность электродов. В том, что электроды являются поглотителями газа и тем в большей степени, чем больше их поверхность, легко убедиться следующим образом.

а) Прокаливаем сетку; давление повышается и затем падает часть газа поглощается анодом;

б) прокаливает анод; давление повышается почти до прежней величины и затем падает;

в) прокаливает сетку; давление или вовсе не повышается, или повышается незначительно;

г) прокаливает анод; давление почти не повышается. Эти опыты с достаточной убедительностью говорят о значении поверхности электродов и особенно заметны при включении лампы по схеме ионизационного манометра.

Длительное, но постоянное уменьшение $\frac{n_1}{n_2}$ в начале жестчения объясняется, между прочим, постоянным выделением абсорбированного газа из анода.

Различные газы и воздух. 500-ваттная лампа Нижегородской Радиолaborатории, наполненная аргоном до 0,001 мм, в течение 4 часов не поддавалась жестчению. По N. Campbell'у для аргона $\frac{n_1}{n_2} < 0,1$.

Энергичное и быстрое распыление вольфрама катода, характерное для ионов с большой массой, привело к совершенному затемнению баллона, увеличению нагревания стекла и к электролитическим явлениям в стекле ¹⁾.

Однако, при менее интенсивном разряде, происходит абсорбция аргона, что наблюдалось в случае разряда между холодными алюминиевым и молибденовым электродами при начальном $p = 0,01$ мм.

¹⁾ Д. Фраже. «Война и Техника» №№ 7 и 9, 1927.

В течение 4 часов стенки баллона совершенно покрылись распыленным молибденом и давление уменьшилось.

2. Что касается CO_2 , то при белом калении вольфрама газ распадается и вольфрам сгорает с образованием окислов. В кислороде это явление протекает с еще большей скоростью, так что наблюдать изменение $\frac{n_1}{n_2}$, как следствие ионизации, не удастся. Давление падает вследствие обычного химического поглощения.

3. В водороде также наблюдается падение давления при накаливании вольфрама и без приложения потенциала к аноду. Однако уменьшение этого давления, как установил Hughes, происходит значительно медленнее, чем в кислороде, и приложением напряжения к аноду удается создать условия благоприятные для ионизации, что в свою очередь устанавливает процесс жестчения. Если считать, что оба процесса абсорбции протекают независимо, то $\frac{n_1}{n_2}$ для водорода примерно вдвое больше, чем, например, для азота.

4. Большое практическое значение имеет абсорбция так называемых «остаточных газов», т.е. смеси, которая остается в запаянном баллоне после откачки.

В этом случае $\frac{n_1}{n_2}$, повидимому, возрастает с давлением.

Стенки баллона. При выяснении роли стенок баллона производились опыты в трех направлениях:

- а) изменение величины поверхности баллона;
- б) изменялась температура и время продолжительности прогрева баллона;
- в) внутрь баллона вводились металлы: натрий, калий, цезий, ртуть, цинк, медь¹⁾, вольфрам, молибден, кальций и магний²⁾.

1. Для всех случаев, кроме ртути, обнаруживался приблизительно одинаковый эффект: $\frac{n_1}{n_2}$ увеличивается. Присутствие ртути сказывается в голубой окраске стекла, причем никаким нагреванием связанную со стеклом ртуть удалить не удается. Голубая окраска стекла смывается фтористоводородной кислотой и в растворе в этом случае можно обнаружить ртуть.

2. Опытами N. Campbell'a установлено, что вещество стенок баллона не является решающим обстоятельством, но зато характер предварительной обработки, ведущей к наиболее совершенному удалению газов, всегда увеличивает скорость абсорбции. Увеличение продолжи-

1) По мнению Б. А. Остроумова возгоняется водородистая медь, которая затем восстанавливается.

2) Действие этих металлов в качестве поглотителей составляет предмет отдельного исследования. Д. Ф.

тельности прогрева при самой высокой температуре и вакууме неизменно увеличивает абсорбцию, хотя и в этом отношении наступает предел, после которого никакое ускорение абсорбции невозможно.

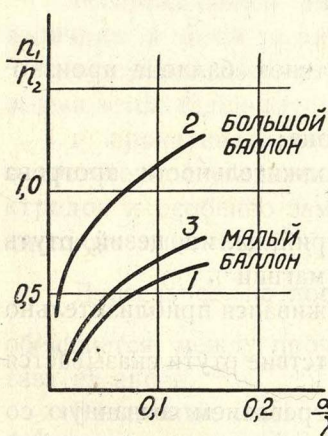
3. Электронная бомбардировка электродов также приводит к ускорению абсорбции, что следует рассматривать независимо от явлений, связанных с нагреванием анода бомбардировкой.

4. Охлаждение баллона увеличивает абсорбцию; при прекращении охлаждения абсорбированный газ не выделяется, если баллон не подвергается нагреванию выше той температуры, до которой он был нагрет ранее.

5. Покрытие внутри стенок баллона во время откачки слоем почти любого металла увеличивает абсорбцию и, если исключить химическую сторону явления, трудно уловить зависимость между веществом, распыленным в баллон¹, и скоростью абсорбции.

Опыты велись летом 1927 года при постановке откачки ламп средней мощности и разработке способа группового жестчения этих ламп. Наиболее энергично явление протекает в момент распыления и при опытах особенно заметно с кальцием.

6. Ниже, черт. 2, приведена зависимость $\frac{n_1}{n_2}$ от $\frac{d}{\lambda}$ для баллонов с разной поверхностью¹).



Черт. 2.

В опытах N. Campbell'а кривая (2) относится к баллону емкостью 380 кб. см. (1) и (3) к баллону 70 кб. см. Размеры электродов в обоих баллонах были одинаковы, как и все прочие условия, вследствие чего α предполагалась приблизительно одинаковой для обоих случаев. Влияние увеличения объема на скорость абсорбции несомненно, хотя прямой пропорциональности не наблюдается.

7. 500-ваттная лампа Р. Л. с цилиндрическим баллоном за жестчивается примерно в срок вдвое больший, чем такая же с овальным баллоном, т.-е. баллоном с большей поверхностью.

8. В условиях схемы ионизационного манометра величина $\frac{n_1}{n_2}$ получается в пределах 2,5—5,4.

Нагревание. 1. Определить полное количество газа, которое может выделиться при нагревании данного баллона, не удастся. Выделение газа идет непрерывно при определенной температуре, и уместнее в данном случае говорить о давлении паров при данной температуре,

¹) Philos. Mag. 1924, p. 556.

чем считать явление какой-либо конечной реакцией. В течение 4 часов непрерывного нагревания 500-ваттной лампы на насосе, при весьма тщательном удалении газов из металла, давление в баллоне всегда повышается, коль скоро температура поднимается до 360° — 400° . При температуре меньшей 360° давление падало и неизменно возвращалось к прежней величине 360° при повышении температуры до 360° ; колебания в давлении выразились вполне отчетливо в пределах около 0,01 мм (по манометру Пирани). Лишь весьма длительный прогрев при максимальной температуре (для натр. стекла ламп Нижегородской Р. Л. около 500°) при хорошем действии насоса может привести давление к некоторому равновесию; однако, продолжительность такого нагревания до 100 часов (по N. Campbell'у) представляется чрезмерной (Д. Ф.).

Опыт убеждает в том, что выделение газов ускоряется, если в процессе откачки¹⁾ несколько раз поднимать температуру до 500° и затем понижать до 350° . Во время жестчения важно довести температуру до 350° и при этой температуре выждать спадания анодного тока. Вообще говоря, температура должна быть тем выше, чем меньше баллон.

2. Абсорбция в горячем баллоне протекает медленнее, чем в холодном.

3. При последовательно повторяемых нагревании баллона и затем включении лампы на разряд, давление при некоторой температуре уменьшается с увеличением числа таких циклов и $\frac{n_1}{n_2}$ для любого давления увеличивается в процессе абсорбции.

Если явление представить в зависимости от давления паров, то отношение количества выделенного газа от нагревания к электрической абсорбции характеризует процесс так, как если бы происходящий разряд прогрессивно уменьшал давление паров.

4. В результате процесса жестчения, полученное давление в баллоне в любой момент будет тем ниже, чем было больше V_a , температура баллона, ток разряда, и чем менее перерывов было в ходе процесса.

III. Опыт обоснования электрической абсорбции

Если допустить, что в силу сделанных наблюдений исчезание газа вызывается какими-то реакциями между молекулами газа и стенками баллона, в результате чего образуются устойчивые комплексы, связанные со стенками баллона (а такое единственное допущение придется сделать), то необходимо ответить на два вопроса:

а) какова природа этих реакций;

б) в каком состоянии должны быть молекулы газа, чтобы они были способны к таким реакциям.

¹⁾ Для тугоплавкого стекла Риттинга (натровое стекло).

Можно ли принять гипотезу, что ионизация вызывает абсорбцию и положительные ионы сами по себе связываются со стенками баллона?

Такая гипотеза вызывает много возражений. Если положительные ионы исчезают, как положительные ионы, то все они должны исчезнуть на электроде, который будет сделан отрицательным, потому что он является единственной твердой поверхностью, с которой они сталкиваются, пока они сохраняют положительный заряд. Когда они покидают этот электрод, то, конечно, лишаются заряда, который ушел в цепь. Такое положение неоспоримо для случаев, когда ионы не связываются с электронами, а только притягивают их к поверхности электрода; если, далее, ион покидает электрод, то свободный электрон в нем остается.

Однако, самые первые опыты, которые велись в этом направлении убеждают, что никакой абсорбции газа на электроде, на который попадают положительные ионы, не может быть; более вероятно, что такая абсорбция может произойти на всякой другой поверхности, безотносительно к ее заряду. Например, представляется совершенно невозможным случай, чтобы в зажатой лампе при нагревании сетки хотя бы до 2000°K , поглощавшей перед этим положительные ионы, вдруг выделился газ, как следствие этого поглощения. Во всяком случае, если сделать поглотителем ионов анод лампы, или сетку, задав тому или другому электроду отрицательный потенциал и затем, при раскаливании бомбардировкой, наблюдать повышение давления, то, если таковое и наблюдается, оно не имеет связи с количеством поглощенных ионов, так как количество выделенного при накаливании газа далеко превосходит то, которое могло бы быть абсорбировано его поверхностью; абсорбция металлами практически прекращается задолго до покрытия всей поверхности мономолекулярным слоем. В случае волоска, рассматриваемого как собирателя ионов, явление рисуется еще менее понятным, так как, если не все ионы им поглощаются, то та часть их, которая нейтрализована или воссоединена, не может никуда исчезнуть.

Эти соображения заставляют отказаться от мысли, что абсорбция, вызванная электрическим разрядом, есть результат поглощения положительно заряженных ионов.

Верно ли теперь, что все положительные ионы попадают на коллектор¹⁾? Не может ли какая-нибудь изолированная стеклянная часть быть отрицательно заряженной и притягивать положительные ионы, которые будут постепенно нейтрализоваться случайными, залетевшими частью из основного потока, электронами? Вряд ли нечто подобное возможно. Обычно, вопрос изоляции баллона в процессе жестчения не считается существенным и во всех случаях заряд стекла почти соответствует потенциалу катода, вследствие чего мало ве-

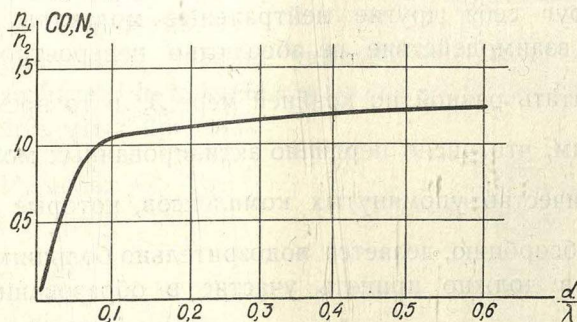
¹⁾ Коллектором принято называть отрицательный электрод лампы, включенной по схеме ионизационного манометра. Как известно, им может быть сетка или анод.

роятно притяжение положительных ионов к стеклу в присутствии отрицательного коллектора. Что означает форма кривых абсорбции и каким образом значение $\frac{n_1}{n_2}$ может быть больше единицы? Если рассматриваемая теория верна, то $\frac{n_1}{n_2}$ может быть больше единицы только в том случае, если положительные ионы концентрировали вокруг себя нейтральные молекулы до, или после того, как они (ионы) поглощены стенками.

Когда давление делается малым, $\frac{d_p}{d_t}$ обязательно уменьшается, если i_a при этом не увеличивается значительно и отношение количества выделенного газа от нагревания к (электрической) абсорбции делается настолько заметным, что $\frac{n_1}{n_2}$ уменьшается. Подтверждение справедливости этого взгляда можно видеть, наблюдая влияние выделения тепла, при отсутствии разряда; хотя при этом очень трудно делать сравнение между отдельными наблюдениями, но в некоторых случаях выделенного газа при этих условиях вполне достаточно, чтобы объяснить падение кривой; кроме того, падение наступает и при малом выделении газа от нагревания, но при более низких давлениях.

В случае азота и окиси углерода, даже если прекратится всякое выделение газа от каких бы то ни было причин, $\frac{n_1}{n_2}$ остается как будто бы постоянным при самых низких давлениях.

Если это так, реакции между молекулами газа, когда они находятся в газообразном состоянии, не могут быть важнейшей причиной абсорбции азота и окиси углерода. Если эти реакции между газообразными молекулами являлись бы первопричиной абсорбции, они должны были бы происходить между свободными молекулами и теми, которые уже сконденсировались на поверхности стекла.



Черт 3

С другой стороны, если судить по кривой абсорбции CO и N_2 , черт. 3, в этих газах $\frac{n_1}{n_2}$ действительно увеличивается хотя и медленно,

но непрерывно с давлением; это увеличение может быть вызвано реакциями между свободными молекулами, что следует рассматривать как явление второстепенное в электрической абсорбции. В «остаточных газах» ¹⁾, которые обнаруживают с достаточной определенностью увеличение $\frac{n_1}{n_2}$ с давлением, влияние таких реакций может оказаться существенным; но поскольку они не могут быть единственной причиной абсорбции, при выяснении этого вопроса лучше считать, что они вовсе не происходят.

Абсорбция и одноатомные молекулы. Если газовые частицы не имеют заряда в момент их поглощения, состояние, которое благоприятствует абсорбции, должно быть тем, которое наступает при ионизации, но не сама ионизация. Является достаточно очевидным, что молекулы вследствие ионизации распадаются, и что упомянутое состояние для азота и водорода в данном случае есть состояние одноатомное. Что касается CO , то здесь может наступить какое-либо особое, первичное, элементарное состояние молекулы или, во всяком случае, образоваться какой-то менее насыщенный комплекс (реакцию можно предположить такой: $2 CO = CO_2 + C$). Появление углеродистых осадков на никелевых стойках вольфрамового волоска иногда замечается ²⁾. Но и здесь встречаются возражения. Хотя это и бесспорно, что некоторые молекулы вследствие ионизации распадаются, но, вероятно, распадаются не все. При опытах с CO большая часть молекул оказывается неразложенной.

Работа Н. Д. Smith'a ³⁾ показала, что, когда скорость ионизирующих электронов менее 350 в., только около $\frac{1}{10}$ ионов являются атомными, остальные молекулярны. Если, поэтому, необходимо найти объяснение исчезновения большего числа молекул, чем число ионизированных, необходимо предположить, что активные атомы или разложенные молекулы, после абсорбции (будучи поглощены) могут сосредоточить вокруг себя другие нейтральные молекулы, оказавшиеся вблизи. Такое взаимодействие не абсолютно невероятно, но если величину $\frac{n_1}{n_2}$ считать равной по крайней мере 3, в то время как нельзя быть уверенным, что число первично активированных молекул больше $\frac{1}{10}$ ионов, количество упомянутых комплексов, которые должны быть вовлечены в абсорбцию, делается подозрительно большим: по крайней мере 30 атомов должно принять участие в образовании таких комплексов.

¹⁾ Воздух и пары H_2O .

²⁾ Мое наблюдение. Д. Ф.

³⁾ Phil. Mag. 1921, p. 227.

Далее, если эта теория верна и заключения Smith'a заслуживают доверия, должно наблюдаться большое увеличение $\frac{n_1}{n_2}$, когда V_a делается более 400 в., потому что отношение атомных или молекулярных ионов очень возрастает при таких высоких напряжениях. Однако, достаточное число наблюдений показало, что особенной разницы в $\frac{n_1}{n_2}$ при $V_a = 300$ в. и $V_a = 500$ в. не замечается, что следовало бы ожидать, если бы разложение молекул при абсорбции было решающим фактором.

Зависимость между скоростью абсорбции и напряжением на аноде объясняется, вероятно, не преимуществом высокого напряжения на аноде, а тем, что выделяемая при больших V_a мощность повышает температуру лампы. Различная же скорость электронов при изменениях V_a может сказаться еще в том, что отрывание газового слоя от стекла тем более вероятно, чем больше скорость электронов.

Абсорбция и частичная ионизация. Теперь остается еще предположить, что состояние молекул, благоприятствующее абсорбции, есть некоторое возбуждение, или частичная ионизация, так сказать, случай, когда квантативное состояние среды выше, чем нормальное, но ниже, чем состояние ионизации. Есть основание полагать, что такое возбуждение среды может благоприятствовать образованию комплексов, или определенных химических соединений, именно таких, которые должны возникнуть при исчезновении вещества в газообразном состоянии. Кроме того, такая теория не противоречит соотношению величин $\frac{n_1}{n_2}$ и V_a .

Если в применяемом баллоне вместо анода использовать его внутреннюю поверхность, покрытую серебром, то, так как расстояние, проходимое электронами, приблизительно известно, среднее количество ионов, производимое каждым электроном, можно сравнить с числом столкновений, которое должно произойти, если знать размеры молекул из кинетической теории газов.

В нижеприводимой таблице указано, что число ионов на одно столкновение значительно меньше единицы и не изменяется с V_a в сравнительно значительных пределах.

V_a вольт	Ионов за столкновение
100	0,179
200	0,208
300	0,236
400	0,257
500	0,271

Если каждое столкновение в результате вызывает или возбуждение, или ионизацию (что кажется вероятным), отношение возбужденных

молекул к ионизированным должно быть значительно больше единицы; отсюда можно дать объяснение случаям, когда $\frac{n_1}{n_2} > 1$, не применяя упомянутого понятия о комплексах, состоящих из более, чем одной молекулы газа. Но здесь встречаются некоторые затруднения. Во-первых, приведенными цифрами невозможно объяснить самых больших значений $\frac{n_1}{n_2}$. (Относительно этих значений, больших, чем 3, вообще, возникают сомнения; кроме того, они всегда получались, если столкновения между молекулами газа были относительно часты и образование комплексов в газе не исключалось).

Во-вторых, возможно, что приведенные цифры говорят в пользу предположения, что $\frac{n_1}{n_2}$ изменяется в больших пределах с V_a , чем это было установлено. Но здесь опыты Smith'a ясно указывают, что простое определение числа ионов за удар не изображает полной картины явлений, поскольку не учитывается относительная частота при разных видах ионизации.

В третьих, по этой теории, какая-то абсорбция должна иметь место, когда V_a ниже ионизационного потенциала. Обнаружить такую абсорбцию никогда не удавалось, но так как здесь предполагается, что абсорбция быстро понижается с напряжением, то возможно, что вблизи ионизационного потенциала трудно бывает уловить момент ее прекращения и возникновения.

Наконец, опыты Вина и др.¹⁾ показывают, что продолжительность состояния возбуждения бывает порядка 10^{-7} секунды²⁾. В течение этого периода молекулы, возбужденные в большей части баллона, не будут иметь достаточного времени, чтобы достичь стенок баллона, а если они достигают стенок в нормальных условиях, то очень трудно объяснить их исчезновение.

Таким образом, если учесть сравнительное постоянство $\frac{n_1}{n_2}$ при изменениях давления и V_a , а также отсутствие заметной абсорбции при $V_a <$ ионизационного потенциала, то возникает мысль, что абсорбция газа есть прямое следствие ионизации и что ионы поглощаются. Но это объяснение кажется невозможным, потому что ионизированные молекулы остаются ионизированными только в продолжение их передвижения к коллектору и притом не поглощаются коллектором.

Теорией, непосредственно построенной на наблюдениях, можно бы считать такую, что молекулы поглощаются вслед затем, как они были ионизированы и затем нейтрализованы при соприкосновении с коллектором; поглощаются же они всей поверхностью баллона, а после поглощения могут сконцентрировать вокруг себя нейтральные

¹⁾ Ann. d. Physik, 1924, p. 483.

²⁾ По данным Kannenstine'a для гелия получена значительно большая величина $\tau = 0,0024$ сек.

молекулы и, таким образом, вызвать поглощение большего числа молекул, чем было ионизировано. Однако, такую теорию трудно примирить со всем тем, что известно об ионизации и атомной структуре. Возможно, что некоторые затруднения в данном случае можно преодолеть посредством теории Compton'a, которая, кстати, дает понятие о возбужденном состоянии газовой среды.

Теория эта ¹⁾ возникла при обследовании спектральных линий и изменении их интенсивности в зависимости от различных условий возбуждения, а также при явлении кумулятивной ионизации. При этом обращает на себя внимание существование атомов и молекул в разных условиях частичной или полной ионизации. В частности, разнородность возбужденного атома, вызванного первым смещением электрона с его наиболее устойчивой орбиты, представляет большой интерес, потому что атомы с соответствующим возбуждением могут образоваться в таком количестве, что газ приобретает свойства, совершенно отличающиеся от нормальных свойств невозбужденного газа.

Понятие о частичной ионизации посредством резонансного излучения может быть представлено следующим образом: когда электрон, обладающий скоростью, несколько превосходящей ту, которая ему сообщена через градиент резонансного потенциала V_r , сталкивается с атомом, он смещает электрон из нормальной к следующей, наружной орбите, сообщая этим атому возбужденное состояние.

Через некоторое время со средней продолжительностью равною T , этот электрон попадает обратно на свое место и при этом излучает кванту $h\nu$ резонансного излучения.

Всякий другой нормальный атом способен поглощать это излучение и вновь излучать его через промежуток времени T . Излучение, таким образом, переходит от одного атома к другому, приводя их один за другим в возбужденное состояние до тех пор, пока оно окончательно не исчезнет из газа или перейдет в излучение (света) более низкой частоты.

Формально, если не физически, переход резонансного излучения через газ может быть истолкован как случай, аналогичный диффузии; подобно тому как интенсивность светового луча уменьшается абсорбцией или резонансным рассеянием (α), согласно уравнению ²⁾

$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

так и число молекул параллельного потока, проходящего через газ, убывает по уравнению

$$N = N_0 e^{-x/l}.$$

¹⁾ К. Т. Compton, Phil. Mag., 1923, p. 750.

„ The physical Review, 1922, p. 283.

²⁾ I_0 интенсивность луча до поглощения;

I „ „ „ после „ ;

$e = 2.72$;

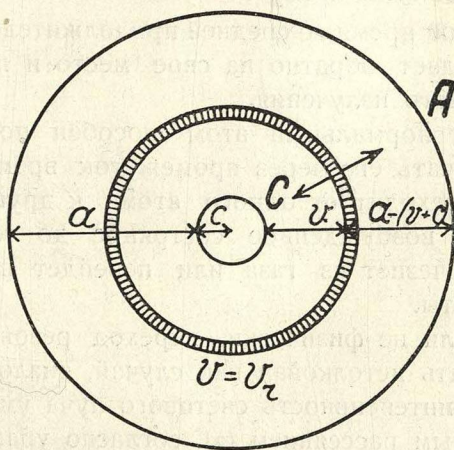
α — коэфф. абсорбции.

Таким образом, обратная величина $\left(\frac{l}{\alpha}\right)$ коэффициента абсорбции аналогична среднему свободному пути l . Отсюда следует, что средняя скорость, с которой кванта лучистой энергии движется через газ, равна $\frac{l}{\alpha T}$, или ее среднему свободному пути $\frac{l}{\alpha}$, деленному на средний промежуток времени T , течение которого она поглощается атомом в конце своего пути. Применяя уравнение диффузии из кинетической теории газов, можно написать

$$\int \int \frac{1}{3} \frac{1}{\alpha} \frac{1}{T} \frac{dN_1}{dn} dS = - \int \int \int R dx dy dz, \quad (1)$$

где N_1 число возбужденных атомов в единице объема в любой точке, n внешняя нормаль к элементу поверхности dS , R скорость образования новой кванты в единице объема. Интеграл по поверхности дает скорость «диффузии» кванты через замкнутую поверхность, а интеграл по объему дает скорость ее образования.

Применяя это уравнение, можно вычислить сосредоточивание N_1 возбужденных атомов газа в любой точке, каковой пример ниже рассмотрен для случая коаксиальных цилиндров.



Черт. 4

Электроны, вылетающие из накаливаемого катода C , черт. 4, дают неупругие столкновения с атомами, вследствие чего возникает резонансное излучение в заштрихованном слое. Если длина электродов f велика по сравнению с расстоянием $(a - c)$ между ними, резонансное излучение диффундирует только в направлении к A и C , сильно поглощаясь электродами. Если из катода вылетает n электронов в секунду и если P часть атомов, приведенных в состояние возбуждения в заштрихованном слое, тогда $n(1 - P)$ есть число квант резонанс-

ного излучения, полученного в секунду в этом слое; $n_a (1 - P)$ квант диффундируют наружу к аноду и $n_c (1 - P)$ диффундируют к катоду.

Если уравнение (1) применить к цилиндрической поверхности с радиусом r , находящейся снаружи заштрихованного слоя, получим:

$$\frac{1}{3\alpha^2 T} \frac{dN^1}{dr} (2\pi r f) = n_a (1 - P),$$

откуда

$$N^1_a = - \frac{3\alpha^2 T n_a (1 - P)}{2\pi f} \lg r + C_a,$$

что и есть значение N^1 для любой точки вне затененного слоя. Если отражающая сила анода для резонансного излучения ничтожно мала, $N^1_a = 0$, когда $r = a$, откуда

$$N^1_a = \frac{3\alpha^2 T n_a (1 - P)}{2\pi f} \lg \frac{a}{r}.$$

Подобным же образом, для точек внутри нейтральной поверхности

$$N^1_c = \frac{3\alpha^2 T n_c (1 - P)}{2\pi f} \lg \frac{r}{c}.$$

Но $n_a + n_c = n$ и у слоя $r = (b + c)$, имеем

$$N^1_a = N^1_c = N^1.$$

Также легко показать, что

$$N^1_a = \frac{3\alpha^2 T n (1 - P)}{2\pi f} \frac{\lg \frac{b+c}{c}}{\lg \frac{a}{c}} \lg \frac{a}{r},$$

$$N^1_c = \frac{3\alpha^2 T n (1 - P)}{2\pi f} \frac{\lg \frac{a}{b+c}}{\lg \frac{a}{c}} \lg \frac{r}{c}.$$

Интегрируя N^1_a по объему газа снаружи затененного слоя и N^1_c — внутри, а затем складывая, получим:

$$N = \frac{3\alpha^2 T n (1 - P)}{4 \lg \frac{a}{c}} \left\{ \left[\alpha^2 - (b + c)^2 \right] \lg \frac{b + c}{c} - \left[(b + c)^2 - C^2 \right] \lg \frac{a}{b + c} \right\}, \quad (2)$$

что будет полным числом возбужденных атомов газа между электродами.

При выводе этого уравнения предполагалось, что отражением от анода можно пренебречь. Если же его включить в вычисления, то постоянная C_a получит более сложное значение и N в уравнении (2) увеличится. Погрешность при этом будет невелика для случая резонансных излучений с короткой волной.

В уравнении (2) a и c размеры прибора, b зависит от распределения потенциалов между электродами, P обыкновенно меньше единицы, хотя может приближаться к 1-це при увеличении силы разряда, T средний промежуток времени между абсорбцией и излучением атомом резонансной кванты энергии.

Сущность абсорбции. Для ответа на вопрос о природе реакций, происходящих между газообразными молекулами и стенками баллона, как непосредственной причины абсорбции, имеются более или менее установившиеся взгляды. Важнейшая трудность заключается в том, что нет ясной зависимости между абсорбцией и химическими свойствами абсорбирующей поверхности.

В виду близкого сходства в поведении N_2 и CO при абсорбции можно допустить, что здесь имеет место абсорбция чисто «физическая», т.-е. такая же, что наблюдается при древесном угле; но даже в этом случае следует допустить наличие влияния природы стенок, факт же значительно более быстрой абсорбции водорода по сравнению с аргоном указывает на невозможность аналогии с абсорбцией «физической».

Единственное соображение, которое может быть принято во внимание, это что лишь часть поверхности баллона участвует в абсорбции.

Абсорбция убывает значительно скорее, чем та часть поверхности, которая должна остаться непокрытой при равномерном распределении абсорбированного газа. Большие значения начальной абсорбции дают повод предполагать существование части поверхности, которая, будучи в сверхнормальном состоянии активности, сразу же используется. Особая активность может заключаться в том, что стенки оказываются в состоянии поглощать молекулы менее активированные, по сравнению с теми, которые поглощаются нормально активированной поверхностью. С другой стороны, как распознавание неактивных участков, так и случай, что активная молекула останется непоглощенной вследствие того, что произошло столкновение ее с неактивным участком, усложняет трудность понимания случаев, когда $\frac{n_1}{n_2}$ больше 1.

Некоторое влияние на выделение газа может оказать электронная бомбардировка; как бы ни было активно состояние абсорбированных молекул, но весьма вероятно, что удары электронов могут вызвать возмущение с последующим выделением газа. Однако, трудно понять, почему максимальная абсорбция на бомбардируемом участке должна быть больше, чем на свободном от бомбардировки.

Поскольку невозможно допустить мысль, что молекулы могут накапливаться на коллекторе с образованием слоя, равного по глубине многим молекулам, кажется почти неизбежным принятие взгляда, что характер абсорбции различен в зависимости от того, подвергается ли поверхность ударам электронов, или нет и что абсорбция, достигаемая

при отсутствии ударов, более легко обратима бомбардировкой (выделяется газ), чем абсорбция, происходящая во время ударов. Отыскать объяснение этому различию пока не удается.

В заключение, следует допустить возможность возникновения реакции между молекулами газа. Весьма вероятно, что такие реакции могут иметь место; при опытах с окисью углерода это подтверждается, но весьма вероятно, чтобы образование комплексов при этих реакциях являлось важным условием для абсорбции. С другой стороны, если для водорода действительно справедливо увеличение электрической абсорбции с давлением (что сомнительно, так как абсорбция идет при отсутствии разряда), нормальные молекулы должны здесь принимать какое-то участие.

Если теория абсорбции возбужденных молекул может быть принятой, влияние давления может быть отнесено к вторичному возбуждению, вызванному излучением от первичного возбуждения. Хотя факты, в общем, слишком неустойчивы, чтобы лечь в основу какой-либо теории, тем не менее с большой вероятностью можно предполагать, что молекулы поглощаются стенками баллона.

Величина, данная Вином для продолжительности состояния возбуждения атома и равная ок. 10^{-7} сек., не может считаться бесспорной; следовательно, если она будет больше, то время, нужное для того, чтобы возбужденный атом или молекула успели долететь до стенок баллона и там абсорбировались, может оказаться достаточным. С очевидностью можно утверждать, что по настоящее время представления о величинах α и T настолько скудны, что применение их в уравнении (2) при вычислении N для данного прибора приводит к весьма грубым погрешностям.

Kannenstine ¹⁾ показал опытом, что возбужденные атомы гелия продолжают существовать в течение 0,0024 сек. после выключения возбуждающего вольтажа. Это должно приблизительно соответствовать величине T . Оказывается, что 0,0024 сек. промежуток времени в 100.000 раз больше того, какой был получен при других измерениях T , и в 15.000.000 раз больший вычисленного по классическому уравнению

$$T = \frac{3m c^3}{8\pi^2 e^2 \nu^2}, \quad (3)$$

где e и m заряд и масса электрона, c скорость света и ν частота.

0,0024 сек. представляет время, в течение которого резонансное излучение уйдет из газа, а за это время могут произойти тысячи абсорбций и новых излучений. Исчезающими на стенках баллона молекулами могут быть те, которые возбуждены в непосредственной близости к стенкам.

¹⁾ Phil. Mag. 1923.

З а к л ю ч е н и е

1. Абсорбция газовых молекул, повидимому, происходит на стенках баллона и тем скорее, чем больше поверхность баллона и ток разряда.

2. Удаление остаточных газов тем совершеннее, чем выше температура как во время эвакуации на насосе, так и последующего жестчения в запаянном баллоне.

3. Введение щелочных металлов, как поглотителей, можно рекомендовать лишь в тех случаях, когда лампа работает при температуре исключающей возможность электролитических явлений в стекле и когда влиянием металлического налета на быстро переменное электрическое поле между анодом и сеткой можно пренебречь (при длинных волнах $\lambda = 100$ м и больше).

Н.-Новгород
Радиолaborатория
Январь 1928.

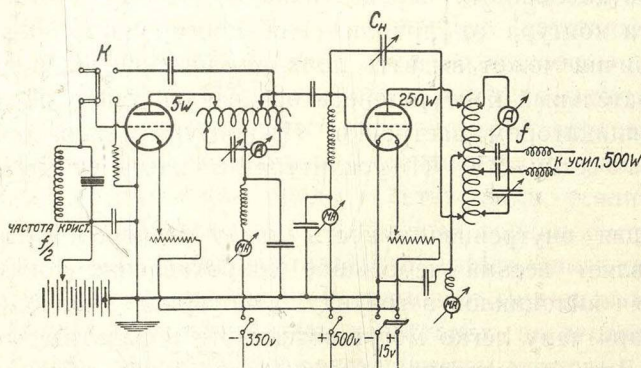
Описание радиостанции РФН в гор. Хабаровске

И. С. Гоноровский

Летом 1927 г. Дальневосточным Управлением связи в гор. Хабаровске установлен 20 kW коротковолновый телефонно-телеграфный передатчик, купленный у американской фирмы „Westinghouse El. & Manufact. Comp.“ Передатчик построен по образцу нашумевшей в свое время Питсбургской радиостанции *KDKA* и к особенностям его нужно отнести применение кварцевого кристалла для поддержания постоянства волны, а также автоматизацию пуска и остановки.

Являясь по настоящее время единственной в СССР по своей мощности на волнах $20—100\text{ m}$, описываемая радиостанция представляет большой интерес для русской радиотехники.

Собственно передатчик состоит из 5 W лампы, работающей с кварцевым кристаллом, как возбудителем и стабилизатором колебаний высокой частоты, и четырех каскадов усиления в 250 W , 500 W , 1 kW и 20 kW . Первые три каскада носят название промежуточного усиления, а последний — мощного или головного. На черт. 1 изображена схема первичного 5 W генератора и 250 W усилителя, смонтированных на одной раме.



Черт. 1

Рубильник *K* дает возможность перехода от возбуждения кристаллом на самовозбуждение, что необходимо при первоначальной настройке передатчика. В левом положении рубильника кварцевый конденсатор вводится в цепь сетки лампы.

Характер настоящей статьи не позволяет автору остановиться на рассмотрении работы кварцевого кристалла, тем более, что вопрос этот уже несколько освещен не только в иностранной, но и в русской литературе ¹⁾. Вкратце, принцип действия кристалла основан на пьезо-

¹⁾ С. Моругина. «Война и техника» № 2, 1927; ТиТбп № 44, 1927.

электрических свойствах некоторых минералов, в том числе и кварца, выражающихся в способности вырезанной определенным образом пластинки накапливать электрический заряд под влиянием механической деформации, и наоборот, приходить в состояние деформации под влиянием приложенной к пластинке, как к диэлектрику конденсатора, разности потенциалов. Указанные два свойства называются прямым и обратным пьезо-электрическими эффектами. Если к пластинке такого кристалла приложить переменную эдс, то пластинка придет в состояние механического колебания, причем наибольшая мощность колебаний наступит при совпадении частоты эдс с частотой собственных колебаний кристалла. Если включить, например, кварцевую пластинку в цепь сетки лампы-генератора и связать ее с колебательным контуром анода, то от первоначального электрического импульса пластинка начнет колебаться, вырабатывая при этом переменную эдс, приложенную к зажимам сетка-нить, и в дальнейшем колебательное состояние пластинки будет поддерживаться за счет затраты небольшой части энергии колебательного контура. Получается обычная схема работы лампового генератора с зависимым возбуждением.

Особенностью кварца, приведшей к использованию его в радиотехнике, является замечательное постоянство возбуждаемых им колебаний. Частота генерируемых лампой при этих условиях колебаний зависит, в известных пределах, не от данных колебательного контура, а от геометрических размеров пластинки. Особенно ценно это свойство для коротковолновых передатчиков, у которых ничтожное изменение емкости контура от приближения посторонних предметов или от других причин может вызвать полную расстройку передатчика.

В колебательный контур генератора введен тепловой амперметр, служащий индикатором настройки. Из контура генератора энергия поступает на сетку 250 W усилителя с настроенным контуром в аноде.

Небольшая внутренняя емкость между электродами лампы усилителя составляет весьма небольшое сопротивление токам частоты порядка тысяч килоциклов в секунду, с которыми приходится иметь дело, благодаря чему легко могут возникнуть паразитные токи в цепи анод-сетка. Для уменьшения вредной емкостной связи анод-сетка служит переменный конденсатор C_n емкостью около 25 $ст$, введенный в цепь сетка-анод.

Колебательный контур 5 W лампы настраивается на частоту собственных колебаний кристалла, а контуры следующих усилителей на одну из главных гармоник его. Кристаллы имеются в количестве 5 штук и настроены на различные частоты; варьируя их, а также удваивая или утраивая частоту выделением соответствующей гармоники в последующих усилителях, можно получить большое количество частот в пределах 15000 — 3000 $кс$, т.е. волн 20 — 100 $м$.

При переходе на самовозбуждение передатчик можно построить на любую волну в указанном диапазоне.

В настоящее время работает кристалл с частотой 2143 *к*с. Посредством настройки контура 250 *В* усилителя на вторую гармонику поступающих колебаний, частота усиливаемых колебаний равна 4286 *к*с, что соответствует волне 70 *м* с точностью до 1 *см*. Непосредственное измерение волномером вблизи контура главного усилителя дает 70,2 *м*; однако, несовпадение практически измеренной с вычисленной волной скорее можно отнести за счет неточности градуировки волномера.

Усилители 500 *В*, 1 *кВ* и 20 *кВ* собраны по симметричной двухтактной схеме и работают на американских лампах; все промежуточные усилители — на 250 *В* лампах, а мощный усилитель и модулятор на 10 *кВ* лампах с водяным охлаждением анодов.

На черт. 2 представлена схема модулятора и мощного усилителя, отличающегося от 500 *В* и 1 *кВ* усилителей только лишь конструкцией и размерами деталей. В каждую половину схемы включены две лампы по 10 *кВ* параллельно.

Обе группы ламп снабжены амперметрами, отмечающими постоянную составляющую анодного тока. Контур сеток состоит из переменного конденсатора, небольшой емкости и самоиндукции из 6—8 витков медной ленты, намотанной на деревянный каркас со стеклянными прокладками. Контур анодов настраивается в резонанс с сеточным и обладает теми же величинами емкости и самоиндукции, что и первый контур. Конденсаторы C_{H1} и C_{H2} служат для уменьшения вредной емкостной связи, получающейся благодаря внутренней емкости анод-сетка обеих групп ламп, и составляют вместе с контурным конденсатором C_A одну систему из четырех пластинок. Пластины укреплены вертикально и при помощи упоров дают возможность регулировать емкость любого из трех конденсаторов, не нарушая емкости двух других. При изменении емкости, пластинки описывают круговое движение вокруг шарнирной оси, укрепленной в верхней части рамы усилителя.

Напряжения, питающие аноды и сетки ламп усилителя, подводятся через сопротивления r_1 и r_2 к нулевым точкам контурных самоиндукций. Антенной служит вертикальная незаземленная труба длиной в 16 *м* с катушкой настройки из 9 витков и антенным амперметром посередине. Антенна укреплена на изоляторах на деревянной мачте, точнее, на столбе, весьма мало напоминающем мачтовые сооружения обычных станций. Питание антенны осуществляется при помощи фидера тока, состоящего из двух параллельных проводов длиной около 10 *м* на расстоянии 10 *см* один от другого, соединяющего антенную катушку с контурной. Обычно между проводами связи включается 2—3 витка контурной катушки, причем провода присоединяются симметрично к нулевой точке катушки. Постоянные конденсаторы $C_{\phi 1}$ и $C_{\phi 2}$, отделяют антенну от постоянного напряжения анодов. Ввиду сдвига фаз напряжений в каждом из проводов фидера на 180° емкостный эффект компенсируется и излучение фидера ничтожно.

Настройка передатчика весьма сложна и требует большого навыка обслуживающего персонала, но зато при правильной настройке

не требуется никаких подстроек в дальнейшей работе и управление пуском и остановкой передатчика сводится лишь к включению питающих установок. Наибольшую затрату времени обычно требует настройка первичного генератора и 250 W усилителя. При настройке кристалл выключается, и 5 W лампа работает по простой схеме самовозбуждения с автотрансформаторной связью сетки и контура анода. Подбором витков самоиндукции и вращением конденсатора контур настраивается обычно на частоту вдвое большую рабочей, помощью волномера поставленного предварительно на требуемую волну. Затем при выключенном анодном напряжении 250 W усилителя колебательный контур последнего приводится в резонанс с контуром генератора и таким образом настраивается на частоту второй гармоники кристалла, т.е. на ту частоту, при которой усилитель должен работать.

После этого контур генератора перестраивается на частоту кристалла, т.е. вдвое меньшую прежней, переключением рубильника K вводится кристалл, и производится подстройка.

Особо важным условием для обеспечения устойчивого режима работы является нейтрализация паразитной эдс, возникающей благодаря емкости анод-сетка лампы усилителя. Нейтрализация сводится к созданию эдс противоположной по знаку и достигается введением переменного конденсатора C_H в цепь сетка-анод. Величина нейтрализующей эдс подбирается изменением емкости C_H . При правильном подборе последней не должно замечаться отклонений анодного и колебательного амперметров генератора от изменения емкости контурного конденсатора усилителя, а также от включения и выключения анодного напряжения последнего.

Настройка сеточных и анодных контуров следующих усилителей значительно проще. Индикаторами настройки служат амперметры постоянных сеточных и анодных токов. Особое внимание уделяется нейтрализации паразитной эдс у ламп всех усилителей. Настройка антенны осуществляется подбором числа витков антенной катушки, укрепленной посредине мачты. Наивыгоднейшая связь генератор-антенна подбирается включением разных чисел витков контурной и антенной катушек между проводами связи. Признаком отсутствия излучения энергии самим фидером, а следовательно, необходимым условием нормальной связи является равенство сил токов в обоих проводах связи. Для этой цели при настройке в оба провода фидера вводятся тепловые амперметры высокой частоты.

При отклонении контуров промежуточного и мощного усиления от резонанса с генераторным контуром, наблюдается лишь уменьшение отдачи энергии и даже полное исчезновение тока в антенне, но длина волны, излучаемая контурами, остается строго постоянной. Поэтому к волномеру прибегают только при первоначальной настройке; в эксплуатации же передатчика главное внимание обращается на поддержание максимума отдачи.

Некоторые данные трехэлектродных и кенотронных ламп приведены в табл. I.

ТАБЛИЦА I

Трехэлектродные лампы

Т И П	Место работы	Мощность в ваттах	Ток накала в ампер.	Напряж. накала в вольтах	Анодное напряж. в вольтах	Отрицат. напряжен. сеток	Примечания
UV — 203	II каскад усилителя н. ч.	50	3,75	9	1000		Торированная нить
WT — 25	250 w, 500 w и 1 kw усил. в. ч.	250	14	10	2200	300—500	Вольфрамовая нить
WO — 41	20 kw усилит. и модулятор	10000	53	14,5	10000	усил.: 1500 модул.: 300	Водяное охлажд. анодов

К Е Н О Т Р О Н Ы

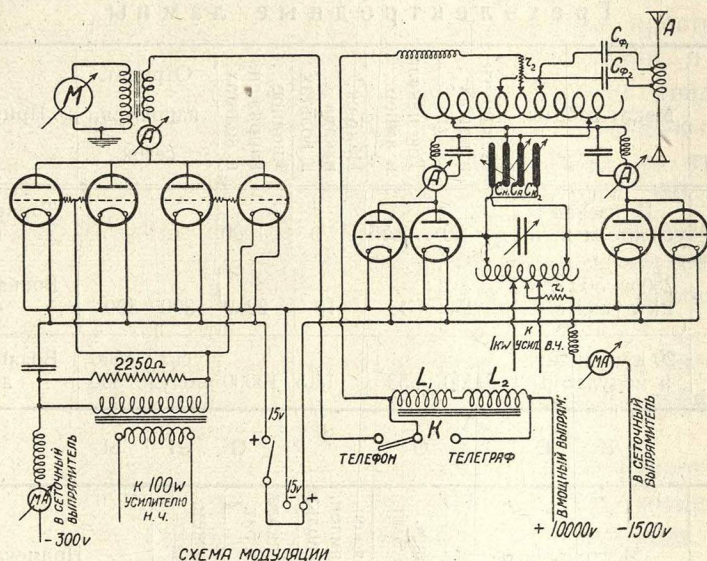
Т И П	Место работы	Снимаем. ток в амп.	Напряжен. выпрямлен. тока в вольт.	Ток накала в амперах	Напряжен. накала	Примечания
RW—30	Сеточн. и промеж. выпрямитель	0,25	2200	14	9	Без искусственного охлаждения анодов
RW—60	Мощный выпрямит.	0,75	10000	28	21	

Телеграфная передача осуществляется подачей высокого отрицательного напряжения на сетки ламп 500 W усилителя при помощи реле поляризованного типа, смонтированного на панели последнего.

При отсутствии сигналов, сетки ламп находятся под напряжением —1800 V, запирающим анодный ток 500 W и последующих усилителей.

При замыкании же ключа или трансмиттера обмотка реле замыкается на напряжение 14—15 V генератора тока накала и, притягивая якорь, образует соединение последнего с контактом, потенциал коего равен —400, —500 V, и сетки ламп окажутся под потенциалом —400 V, соответствующим нормальному режиму работы усилителя. При работе трансмиттером, для более четкой работы реле, необходимо несколько повысить напряжение тока, питающего обмотку реле. При телефонной передаче реле постоянно замкнуто. Модулирование колебаний осуществлено по схеме Хисинга повышением анодного напряжения при постоянной силе тока от источника, питающего аноды, в данном случае, от кенотронного выпрямителя. Общая схема модуляции изображена на черт. 2. Высоковольтный переключатель K в левом положении включает высокое напряжение на аноды модуляторных

ламп и вводит в питающий провод модуляционные дросселя L_1 и L_2 , рассчитанные на напряжение до 23000 В. При телеграфной передаче переключением переключателя вправо аноды модулятора выключаются



Черт. 2

и дросселя замыкаются на короткое. Такая же система выключения фильтровых дросселей применена и для промежуточного выпрямителя, питающего аноды 250 W лампы промежуточного усиления. Модулятор работает на 4-х 10 kW лампах. Переменное напряжение разговорной частоты подается на сетки ламп через входной трансформатор. Отрицательное напряжение сеток модуляторных ламп доставляется сеточным выпрямителем и колеблется в пределах 200—400 В. При подборе последнего руководствуются тем, что величина постоянного анодного тока модулятора не должна превосходить 80% постоянной составляющей анодного тока лампы главного усилителя. Микрофонные токи после усиления линейным усилителем в городской радиостудии или другом месте трансляции подвергаются усилению в станционном 100 W усилителе н. ч., после чего попадают на сетку модулятора. Усилитель состоит из двух каскадов и работает на дросселях. В первом каскаде работает две 5 W лампы, а во втором две лампы по 50 W . Напряжение разговорной частоты, подводимое к 100 W усилителю н. ч., снимается с потенциометра, что дает возможность легко регулировать в широких пределах напряжение, приложенное к сетке-нить модулятора, а следовательно, и глубину модуляции.

В качестве прибора, регистрирующего глубину модуляции, служит амперметр, включенный во вторичную обмотку измерительного трансформатора тока, первичная обмотка которого введена в провод высокого напряжения, питающего аноды модулятора.

При отсутствии модуляции, в виду постоянства силы анодного тока, во вторичной обмотке т-ра не будет индуцироваться эдс и стрелка амперметра неподвижна. В рабочем же состоянии переменная составляющая анодного тока модулятора звуковой частоты индуцирует переменный ток и стрелка прибора беспрерывно колеблется в соответствии с изменениями силы звука воздействующей на микрофон. Шкала прибора проградуирована в %, причем отклонению в 100 % соответствует изменение тока в модуляционном дросселе на 1 А.

Не рекомендуется доводить глубину модуляции выше 35 — 40 % отклонения стрелки измерителя, ибо, в виду инерции стрелки, при показании 70 % действительное отклонение может достигать до 100 % и возникают искажения передачи.

Оба каскада усилителя н. ч., а также модулятор, снабжены миллиамперметрами постоянных сеточных токов, возникающих при слишком больших величинах напряжений, подаваемых с потенциометра на сетки I каскада усилителя и служащих признаком искажения передачи. Поэтому при регулировании модуляции потенциометром руководствуются показаниями этих миллиамперметров.

Вторичная обмотка входного т-ра модулятора зашунтирована сопротивлением 2250 Ω , служащим для утечки сеточного тока модулятора.

Так накала ламп усилителя снимается с общих проводов, питающих лампы модулятора, и при телефонной передаче выключается рубильником на главной распределительной доске. Аноды ламп обоих каскадов усилителя питаются промежуточным выпрямителем. Для понижения напряжения последнего с 2200 В до 400 и 1000 В, соответствующих 5 W и 50 W лампам, служит секционированный потенциометр, смонтированный в ящике из листового железа в нижней части усилителя. Сопротивление 80000 Ω потенциометра состоит из 16 трубок по 5000 Ω каждая.

Вода, охлаждающая аноды ламп главного усилителя и модулятора, нагнетается центробежным насосом, вращаемым мотором пост. тока 1 HP из резервуара, включенного в общую водонапорную систему охлаждения цилиндров дизеля. При работе нормальной мощностью требуется около 55 литров воды в минуту на каждую пару ламп. Прежде чем попасть в охлаждающую рубашку анодов, вода прогоняется через змеевик из резиновой трубки. Общая длина трубки подобрана таким образом, что сопротивление столба воды в змеевике достаточно велико для поглощения разности потенциалов аноды-земля и допускает утечку тока в несколько миллиампер.

Специальные ртутные реле, смонтированные на рамах усилителя и модулятора, автоматически останавливают мотор-генератор накала при прекращении или ослаблении подачи охлаждающей воды. Под давлением разности напоров, снимаемой с трубы питающей рубашки ламп, ртуть поднимается на 1 — 2 см в стеклянной трубке и, образуя контакт с медным стержнем, замыкает вспомогательную цепь автома-

тического пуска мотор-генератора накала. При понижении напора воды ртуть опускается и, разрывая контакт со стержнем, выключает накал ламп, что в свою очередь вызывает выключение всех выпрямителей.

Питающие установки. Первичным источником энергии служит 3-х-цилиндровый дизель 159 *HP*, вращающий генератор пост. тока 110 *kW*, 220 *V*.

Генератор питает умформерные агрегаты с 220 *V* постоянного тока на 220 *V* переменного тока и с 220 *V* на 15 *V* постоянного тока. Первый агрегат питает переменным током все выпрямители, а второй — накал всех трехэлектродных ламп передатчика. В качестве резерва служит аккумуляторная батарея на 220 *V* 1400 амп.-часов.

Агрегат питающий накал ламп состоит из мотора 30 *HP*, 220 *V*, генератора 15 *V*, 600 *A* и генератора возбуждения, сидящих на общем валу. Генератор возбуждения, кроме обмотки генератора накала ламп, питает также анод 5 *W* лампы.

Полный ток накала потребляемый всеми лампами передатчика приближенно равен 540 *A*.

Установка снабжена так называемым стартером, заменяющим пусковой реостат и дающим возможность пуска и остановки мотора нажатием кнопки на распределительной доске.

Регулировка напряжения тока накала применена автоматическая. Шунтовой реостат генератора накала приводится в движение мотором $1/20$ *HP*, имеющим две серийные обмотки возбуждения; они служат для изменения направления вращения мотора. Все регулирование сводится к тому, что в мотор автоматически включается постоянный ток при отклонении регулируемого напряжения от нормальной величины, причем направление вращения мотора, а следовательно, и уменьшение или увеличение вводимого сопротивления реостата определяется включением той или иной обмотки. Для переключения обмоток мотора в зависимости от изменения регулируемого напряжения служит реле, катушка которого находится под напряжением генератора накала.

Напряжение переменного тока, питающего выпрямители, регулируется точно таким же способом.

Сеточный выпрямитель, питающий сетки ламп отрицательным напряжением, работает на двух 0,25 *A* кенотронах. К анодному т-ру подводится переменный ток 220 *V*, снимаемый с одной фазы 3-х-фазного тока. Напряжение выпрямленного тока равно 2000—2200 *V*. Выпрямленное напряжение подводится к потенциометру с общим сопротивлением, равным 5300 Ω . Плюсовой конец потенциометра заземлен. Сеточные потенциалы для ламп всех усилителей снимаются с потенциометра. Сглаживающие фильтры состоят из двух ячеек, в каждой из которых имеется конденсатор в 3 μF и один дроссель.

Промежуточный выпрямитель питает аноды 250 *W* ламп промежуточного усилителя и работает на 6 кенотронах, однотипных с предыдущими.

Для повышения напряжения, питающего выпрямитель 3-фазного тока, служат 3 однофазных т-ра, первичные обмотки которых соединены треугольником. Вторичных обмоток имеется у каждого т-ра по две; они соединены одними концами с анодами ламп, а другими — с шинами балансной катушки. Таким образом получается соединение в виде двойной звезды и, благодаря сдвигу фаз напряжений в двух вторичных обмотках каждого т-ра на 180° , на аноды ламп подается 6-фазный ток. Балансная катушка включена между нулевыми точками обеих звезд, а со средней точки ее отводится минус выпрямленного тока. Напряжение выпрямленного тока 2200 — 2400 В.

Сглаживающий фильтр состоит из 10 конденсаторов общей емкостью $30\text{ }\mu\text{F}$ и двух дросселей. Конденсаторы зашунтированы сопротивлением $40.000\text{ }\Omega$, через которое они и разряжаются после выключения выпрямителя. Для накала нитей кенотронов служит трансформатор 1 kVA , понижающий напряжение переменного тока с 220 В до 10 В. При работе телеграфом фильтровые дроссели при помощи высоковольтных переключателей замыкаются на короткое.

Мощный выпрямитель доставляет высокое напряжение для анодов 10 kW ламп. Выпрямитель работает на 6-ти $0,75\text{ A}$ кенотронах. Выпрямитель собран по схеме совершенно идентичной с промежуточным выпрямителем и отличается лишь конструктивными размерами в соответствии с большей мощностью. Фазовые трансформаторы рассчитаны на 25 kVA каждый. Напряжение выпрямленного тока равно 10000 V при работе полной мощностью передатчика. Общая емкость фильтра равна $5\text{ }\mu\text{F}$. Фильтровые дроссели служат одновременно и модуляционными. После выключения выпрямителя конденсаторы разряжаются через сопротивление $200.000\text{ }\Omega$.

4 kVA трансформатор накала понижает напряжение переменного тока до 22 В. Изменение рабочей мощности передатчика достигается регулированием анодного напряжения мощного усилителя. Для этой цели служит секционированный автотрансформатор, включенный до анодных трансформаторов выпрямителя и дающий возможность изменять скачками напряжение 3-фазного тока от 10 до 100%. Для включения соответствующего желаемой мощности числа секций служат рубильники, помещенные в нижней части распределительного щита. Увеличению первичного напряжения на 10% соответствует увеличение выпрямленного напряжения около 1000 V .

При телефонной передаче мощность передатчика, точнее, напряжение переменного тока, питающего выпрямителя, доводится не выше 50 — 60% нормального. При большей мощности выпрямитель работает с перегрузкой и режим работы передатчика крайне неустойчив. Достаточно неожиданного усиления звука перед микрофоном, чтобы вызвать качание нагрузки и выпадение максимальных выключателей в цепи, питающей выпрямитель.

Общая схема автоматического пуска представлена на черт. 3. Рубильник K находится под напряжением 110 V пост. тока возбуди-

автоматических рубильников при чрезмерном увеличении тока, питающего выпрямители.

Таким образом, выключение одной какой-либо цепи или выпадение максимального выключателя автоматически выключает все последующие цепи; все автоматические рубильники, реле, пусковые приспособления, реостаты и проч. смонтированы на распределительном щите.

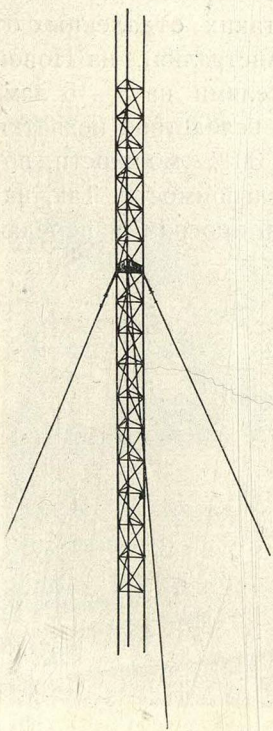
При испытании передатчика установщиком фирмы «Вестингауз» инж. Мадсоном была проведена опытная передача на разных волнах, начиная с 20 м. Передачи производились в период июль — август 1927 г., причем телефонная работа периодически сменялась телеграфной. О каждой серии пробных передач телеграфно предупреждали Нижегородскую лабораторию, приемный центр Москвы и много других приемных пунктов. Большую пользу для изучения качества передачи сыграли регулярно принимавшие станцию работники телеграфных и почтовых контор, разбросанные по всему Дальнему Востоку. Несмотря на то, что опытные передачи производились в самое неблагоприятное, особенно для коротких волн, время, из Москвы и других городов получены были сообщения о хорошей слышимости. С момента постройки радиостанция используется исключительно для радиовещания. За это время получено много квитанций, подтверждающих великолепную слышимость и чистоту передачи из таких отдаленных от Хабаровска мест, как Мельбурн и Нельсон (Австралия), из Новой Зеландии и др. Прием производился радиолюбителями на 3—5 ламповые приемники. Интересно отметить, что, когда вследствие нехватки мощных кенотронов, вынуждены были работать 30% мощности, получены были сообщения об особенно хорошей слышимости. Так, например, Омские радиолюбители просили сообщить программу передач для организации регулярного транслирования их.

Опыт расчета металлической трехгранной мачты (для радиостанции)

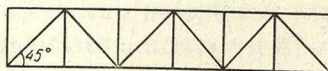
А. И. Эйленкриг

Почти все мощные радиостанции Союза были оборудованы деревянными мачтами. Лишь сравнительно недавно, на вновь сооруженных мощных станциях, по примеру Америки и Европы, стали применять железные мачты клепанной конструкции и довольно значительной высоты. Примером может служить Тифлис, Харьков, Хабаровск и др. Значительно большая механическая прочность (срок эксплуатации 50 лет), полная застрахованность от пожаров, возможность осуществить мачту большой высоты, возможность свести электрические потери до минимума — вот безусловные преимущества металлической опоры, заставляющие проектирующего более или менее мощную станцию остановиться на рассматриваемом типе. Однако, при расчете мачты проектирующему приходится столкнуться с полным отсутствием в литературе конкретного материала по данному вопросу. Не останавливаясь подробно на достоинствах и недостатках металлической мачты, перейду непосредственно к описанию и расчету ее.

Конструкция мачты, черт. 1а, представляет треугольную клепанную пространственную ферму, имеющую в сечении равносторонний треугольник. Грань мачты представляет плоскую простую решетчатую ферму, разделенную раскосами и стойками на отдельные панели. Сторона треугольника и высота панели равны между собой и равны: $a = b = 1,5 \text{ м}$. Такие размеры дают нам возможность сделать угол наклона раскоса равным 45° (наивыгоднейший угол $35^\circ - 45^\circ$), черт. 1б.



Черт. 1а



Черт. 1б

Выбрана такая конструкция решетки потому, что нагрузка на мачтах (ветер) не постоянна по направлению и может действовать с любой стороны; следовательно, и раскосы должны быть направлены так, чтобы воспринимать эту нагрузку отовсюду одинаково. Назначение стоек — уменьшать свободную длину сжатой панели и увеличивать жесткость против выпучивания.

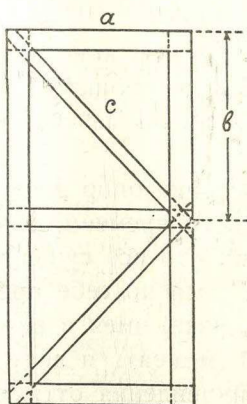
Характеристика мачты (задание)

Высота мачты от земли $H=144\text{ м}$; ширина грани $a=1,5\text{ м}$; высота панели $b=1,5\text{ м}$; длина раскоса $l_p=2,12\text{ м}$, $\varphi=45^\circ$; число ярусов оттяжек $n=6$; число оттяжек в каждом ярусе $m=3$. Все пролеты равны между собой. Длина каждого пролета равна

$$L = \frac{H}{n} = 24\text{ м}.$$

Такая величина пролета удобна в конструктивном отношении, так как позволяет ставить два целых стержня. Расчет мачты ведется для давления ветра $V=250\text{ кг/м}^2$ при поднятой сети и запасе прочности всех частей сооружения не меньше 4. Прежде всего необходимо определить давление ветра на погонный метр конструкции мачты для того, чтобы иметь возможность определить реакции в местах прикрепления оттяжек. Предварительно необходимо задаться размерами звена. Предполагаем вертикальные панели из углового железа, профиля № 14, стойки и раскосы № 8.

Определим площадь, непосредственно подверженную давлению ветра, причем будем рассматривать 2 звена: $l=3\text{ м}$, черт. 2.



Черт. 2

- 1) Площадь вертикальных панелей $S_1 = 2.3.0,14 = 84\text{ м}^2$;
- 2) » горизонтальных стоек $S_2 = 0,08.3.(1,5-2.0,14) = 292\text{ м}^2$;
- 3) Площадь двух раскосов $S_3 = 2. (2,12-2.0,21). 0,08 = 0,272\text{ м}^2$;
- 3) Полная площадь, подверженная лобовому давлению ветра, $S = S_1 + S_2 + S_3 = 1,384\text{ м}^2$; следовательно, на один погонный метр мачты приходится $S' = \frac{S}{3} = 0,452\text{ м}^2$.

Кроме того ветер, проникнув внутрь конструкции мачты, производит давление на боковые грани мачты.

Площадь передней грани брутто $S_6 = 1,5.3 = 4,5\text{ м}^2$; площадь, через которую ветер будет проникать $S_6 - S = 4,5 - 1,384 = 3,116\text{ м}^2$.

На каждый m^2 боковой грани придется давление меньше в f раз, где $f = \frac{S_6 - S}{S_6} = \frac{4,5 - 1,384}{4,5} = 0,701$, т.-е., не 250 kg/m^2 , а $W = Vf = 250 \cdot 0,701 = 176 \text{ kg/m}^2$.

Нас интересует лишь нормальная к грани, составляющая давление ветра, т.-е. $W' = W \sin 30^\circ = 176 \cdot 0,5 = 88 \text{ kg/m}^2$.

Полное давление ветра на два звена мачты выразится:

$$P = V \cdot S + V f \cdot \sin 30^\circ \cdot 2 \cdot S.$$

$$P = 250 \cdot 1,384 + 250 \cdot 0,701 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1,384 = 588 \text{ kg}.$$

На один погонный метр конструкции мачты придется:

$$p = \frac{P}{3} = \frac{588}{3} = 196 \text{ kg/m}.$$

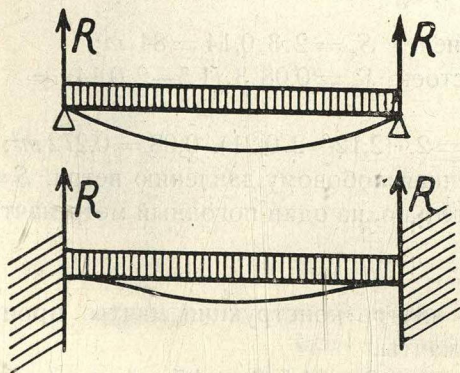
Рассмотрев случай лобового давления ветра, т.-е. когда вектор давления нормален к одной из граней мачты, делаем такой же подсчет для случая, когда вектор давления лежит в плоскости одной из оттяжек. Давление ветра на один погонный метр длины мачты получается равным $p' = 115,3 \text{ kg/m}$. С этой величиной придется иметь дело при расчете оттяжек; расчет же тела мачты ведем для первого случая, как наиболее опасного.

Зная давление ветра на всю конструкцию, мы без труда можем определить реакции в местах прикрепления оттяжек, решив лишь предварительно, рассчитывать ли мачту как разрезную или неразрезную ферму.

Учитывая, что нахождение опор для многопролетной неразрезной фермы отнимает очень много времени, в виду необходимости решать ряд кубических уравнений, что все существующие методы расчета металлических конструкций сами по себе представляют целый ряд допущений и неточностей, а также, имея в виду, что разрезная балка дает наибольший изгибающий момент, я веду расчет мачты как фермы, разрезанной в местах прикрепления оттяжек. Кроме указанных выше соображений, на такого рода допущение меня толкнуло почти полное

отсутствие материала по расчету неразрезных ферм и трудность ознакомления с ними радиоспециалистов.

Каждый отдельный пролет, черт. 3, рассматриваем как балку, закрепленную двумя концами, а не лежащую на двух шарнирах — и вот почему: в действительности в местах опор появятся опорные моменты, которые будут стремиться изогнуть тело мачты в противоположном направлении



Черт. 3

приближая этим самым картину изгиба мачты к балке, закрепленной двумя концами; кроме того, систему закрепления оттяжки мы считаем жесткой, т.е. не допускающей перемещения в этом месте. Рассматривая дело таким образом, мы приближаемся к действительности и некоторым образом учитываем влияние следующих пролетов, жестко скрепленных с рассматриваемым.

Последний пролет мы должны считать консольной балкой (закрепленной одним концом), так как пята, на которой покоится металлическая мачта, воспринимает только вертикальную, осевую нагрузку.

Ветер считаем равномерно распределенной нагрузкой, исходя из чего имеем реакции равными:

$$R_1 = \frac{p \cdot l}{2} = \frac{196.24}{2} = 2342 \text{ kg};$$

$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 2 \frac{p \cdot l}{2} = 196.24 = 4684 \text{ kg};$$

$$R_6 = p \cdot l + \frac{p \cdot l}{2} = 4684 + 2342 = 7026 \text{ kg}.$$

Прежде чем приступить к расчету тела мачты, необходимо сделать некоторые оговорки:

а) Рассматриваем нашу пространственную ферму, как состоящую из отдельных плоских ферм, и расчет ведем для такой плоской фермы;

в) Расчет усилий в элементах сквозных ферм принято производить в предположении, что 1) все элементы прямолинейны, 2) оси всех элементов пересекаются в центре углов, 3) в углах элементы соединены помощью отдельных идеальных шарниров, свободных от трения, 4) внешние силы лежат в плоскости фермы и приложены исключительно в узлах.

Посмотрим, является ли ферма статически определимой. Для этого должно быть соблюдено условие

$$s = 2k - 3,$$

где s — число стержней, k — число узлов.

Выбранная нами конструкция отвечает этому условию и, следовательно, перед нами стоят две задачи:

I — определить усилия в стержнях фермы;

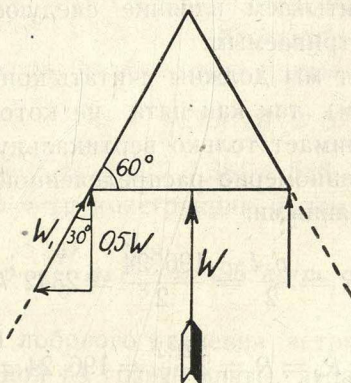
II — подобрать сечения стержней. Для решения первого вопроса пользуемся методом графического расчета взаимных диаграмм Максвелла-Креймоны.

Необходимо помнить, что известно давление ветра, нормальное к грани мачты; нам же необходимо знать давление в плоскости фермы; оно равно, черт. 4, ($\alpha = 30^\circ$)

$$W'' = \frac{W \cdot 0.5}{\cos \alpha} = \frac{0.5 \cdot 196}{0.867} = 113 \text{ kg/m}.$$

Реакция в месте закрепления отдельной плоской фермы:

$$R_I = R_{II} = \frac{113.24}{2} = 1335 \text{ kg.}$$



Черт. 4

Давление ветра, отнесенное к узлу,

$$P = W'' \cdot l = 113.1,5 = 169 \text{ kg.}$$

Усилия в стержнях, полученные из диаграммы:

Вертикальн. сжатые панели:	Р а с к о с ы: сжатые	растянутые
1090 kg	1500 kg	1340 kg
» »	1170 »	930 »
2820 »	750 »	545 »
» »	306 »	106 »
3850 »	106 »	306 »
» »	545 »	750 »
4540 »	930 »	1170 »
» »	1340 »	1500 »
» »		
» »		
3850 »		
» »		
2820 »		
» »		
1090 »		

Расчет сечения стержней ведем для максимальных усилий, причем во всем пролете делаем данные стержни полученного максимального профиля, для конструктивного устройства и большего запаса прочности. Раскосы рассчитываются только на сжатие, так как, при изменении направления ветра, растянутые раскосы могут оказаться сжатыми.

Расчет раскоса

Обозначаем: усилие — $P_{max} = 1500 \text{ kg}$; длина — $l = 2120 \text{ mm}$; зап. прочн. — $\eta = 5$; E — модуль упругости; I — момент инерции.

По формуле Эйлера имеем:

$$\eta P = \frac{\pi^2 EI}{l^2};$$

откуда

$$I = \frac{5 \cdot 1500 \cdot 21,20^2}{21500 \cdot 10} = 15,7 \text{ cm}^4;$$

что соответствует профилю равнобокого углового железа (65.65.9) № 6.5.

В некоторых случаях экономичнее раскосы делать из планок, а не из фасонного железа. Проверим для нашего случая. Для прямоугольного сечения, черт. 5, имеем:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = 15,7 \text{ cm}^4,$$

следовательно, при той же величине $h = 65 \text{ mm}$, получим

$$b = \frac{I \cdot 12}{h^3} = \frac{15,7}{6,5^3} = 0,686 \text{ mm}.$$

Вес такого раскоса

$$g = 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,686 \cdot 65 \cdot 2120 = 7,25 \text{ kg}.$$

Так как вес раскоса из углового железа равен

$g' = 8,6 \cdot 2,12 = 18,2 \text{ kg}$, то, очевидно, выгоднее планки на которых и останавливаемся.



Черт. 5

Расчет вертикальной панели

При расчете вертикальных стержней, необходимо учесть вес вышележащих стержней, вертикальную составляющую натяжения антенны и сумму вертик. составляющих натяжения оттяжек, лежащих выше рассматриваемого сечения. Определим сечение вертикальных панелей I яруса.

Верт. сост. натяж. антенны $Q = 2000 \text{ kg}$;

» » » I яруса оттяжек $q = 3275 \text{ kg}$; от горизонтальной нагрузки ветром $p = 4540 \text{ kg}$; вес погонного метра углового железа № 9 $g = 15,05 \text{ kg/m}$. Усилие в девятом стержне, наиболее опасном — (наиб. изгиб. момент):

$$\Sigma P = p + \Sigma q + Q_1 = 4540 + 3275 + 9 \cdot 15,05 + \frac{Q}{3} = 8706 \text{ kg}.$$

По Тетмайеру для профиля (90.90 8), имеем

$$\beta = 31 - 0,114 \frac{l}{r} = 31 - 0,114 \cdot 77,5 = 22,15 \text{ kg/mm}^2,$$

где β — критическое напряжение.

Здесь радиус инерции

$$r = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{72,7}{19,17}} = 1,94 \text{ cm}; \quad \frac{l}{r} = \frac{150}{1,94} = 77,5 < 110;$$

F — площадь сечения профиля,

$$\beta' = 22,15.1917 = \beta.F = 42450 \text{ kg},$$

и запас прочности $\eta = \frac{42450}{8706} = 4,87.$

Аналогично рассчитываем панели всех шести пролетов.

Расчет горизонтальных стоек

В виду очень незначительных усилий, возникающих в стойках, принимаем профиль (40.40.8). Усилия в стойках, находящихся в местах прикрепления оттяжек, будут значительно больше. После расчета, во всех ярусах прикрепления оттяжек принимаем профиль № 7.



Черт. 6

Результаты выбора сечений сведены ниже в таблицу.

ТАБЛИЦА 1

Вертикальные панели

Пролет	Профиль	Сечение $F \text{ mm}^2$	Вес $g \text{ kg/m}$	Допуск. напр. kg/cm^2	Верт. сост. натяжен оттяж. kg	Запас прочн. η
I	90. 90.10.	1917	15,05	458	3275	4,87
II	100. 100.16	2960	23,24	521	3570	5,16
III	100. 100.16	2960	23,24	532	2638	4,2
IV	120. 120.14	3182	23,98	579	2135	4,1
V	120. 120.16	3602	28,28	555	1341	4,3
VI	140. 140.16	4345	33,32	582	1460	4,23

Запас прочности во всех пролетах не ниже 4, что является вполне достаточным, если учесть, что площадь, подверженная давлению ветра, принята больше действительной. Определим полный вес мачты:

1) Вес диагоналей всей мачты $\Sigma g_p = 16.2.12.7.25.6.3 = 4430 \text{ kg}$;

2) Вес горизонтальных стоек $\Sigma g_r = (100.1.5.2.17 + 6.1.5.10.27)3 = 1257 \text{ kg}$, где $10.27 = g \text{ kg/m}$ вес стоек при оттяжке № 7, $g' = 2.177 \text{ kg/m}$ вес стоек № 4;

3) Полный вес вертикальных панелей всей мачты

$\Sigma g_b = 24.15.05 + 2.24.23.24 + 24.23.98 + 24.28.28 + 24.33.32 = 9957 \text{ kg}$.

Полный вес тела мачты

$G = \Sigma g_b + \Sigma g_r + \Sigma g_p = 9957 + 4430 + 1257 = 15644 \text{ kg}$.

Совершенно аналогичный расчет был мною сделан для мачты такой же конструкции, но без горизонтальных стоек, черт. 6. Несмотря на кажущееся облегчение мачты, вес ее получается значительно больше и, следовательно, сама мачта дороже.

Вес мачты во втором случае: $G'' = 18500 \text{ kg}$, т.е. тяжелее на 18,25%.

Вполне понятно, что останавливаемся на первом варианте.

Получив из расчета все необходимые данные для постройки мачты, можем перейти к расчету фундамента и пяты мачты. Поскольку этот вопрос получил освещение в литературе, я на нем останавливаться не буду. При расчете фундамента под мачту, необходимо будет учесть вес арматуры мачты, как-то: блоков, лебедки, троссов, мольки, лестницы и пр. Поскольку целью работы было наметить вехи расчета мачты клепанной конструкции в (до некоторой степени) теоретическом отношении, я совершенно не упомянула о заклепках, конструкции скрепления и прочих конструктивных деталях. Считаю особо приятным долгом выразить благодарность проф. Б. Ф. Цомакиону и В. М. Владимирову за целый ряд ценных советов.

Одесса

23 апреля 1928 г.

Общий метод построения модуляционных характеристик радио- телефонных передатчиков

Инж. Н. Д. Смирнов

До сих пор модуляционные характеристики теоретически не строились. Работа над радиотелефонными схемами велась большей частью экспериментально. Во всех подобных работах большое внимание уделялось модуляторным элементам схемы и почти совершенно не рассматривалось влияние элементов генераторного устройства (например: сопротивление контура $R_A = \frac{\Omega^2 L^2}{r}$, величины сеточной утечки r_g , ба-

тареи высокого напряжения — E_0) на ход модуляционных характеристик. Теоретическое построение модуляционных характеристик дает возможность понять влияние вышеупомянутых элементов на ход характеристик, рассчитать все элементы схемы и быстро «наладить» радиотелефонный передатчик.

Такое построение легко выполнимо, если мы будем рассматривать каждое мгновение при модуляции как особый режим «генератора», причем величины элементов генераторного устройства (R_A, r_g) меняются определенным образом. Отсюда следует, что нужно построить ряд генераторных режимов и выбрать из них те, которые соответствовали бы данным E_0, G (амплитуда высокой частоты на сетке генератора), R_A и r_g . Эти генераторные режимы я рассчитывал по методу Принс'а. Все расчеты проделаны для лампы $B-500$, имевшейся в моем распоряжении. Для расчета пришлось снять статические характеристики лампы: $i_a = f(e_g)$ и $i_g = f(e_g)$ при $E_a = 0,400,500$ В. Верхние концы этих характеристик, а также характеристики $i_g = f(e_g)$ для промежуточных значений E_a построены теоретически.

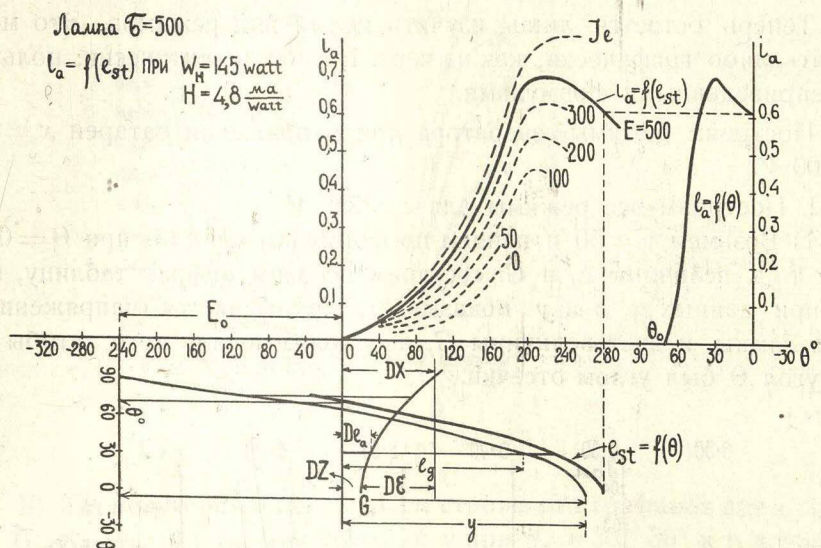
Лучше было бы, конечно, снять все эти характеристики при помощи осциллографа.

Для расчета данного режима нужно построить кривую анодного тока $i_a = f(\Theta)$ за период высокой частоты, где Θ доли периода в градусах.

Ток через лампу в каждое мгновение определится величиной $e_{st} = e_g + D e_a$, где D — проницаемость лампы. Имея статические характеристики $i_a = f(e_g)$ при $E_a = const$, нетрудно построить (черт. 1) характеристику $i_a = f(e_{st})$.

Для всех значений $E_a > 500$ В одна эта характеристика $i_a = f(e_{st})$ заменит все статические характеристики. При меньших значениях E_a начинает сильно влиять на ход статических хар-к сеточный ток i_g . Поэтому приходится строить поправочные хар-ки $i_a = f(e_{st})$ для

$E_a = 300, 200 \text{ V}$ и т. д. Это нетрудно сделать, имея хар-ку тока эмиссии $I_e = f(e_{st})$ при $E_a = 560 \text{ V}$ и зная сеточные токи $i_g = f(e_g)$ при $E_a = \text{const.}$



Черт. 1

Напряжение на сетке лампы при колебаниях, как видно из черт. 1, будет меняться по закону

$$e_g = G \cos \theta - E_0.$$

Здесь E_0 отрицательное напряжение на сетке лампы. Но $E_0 = G - y$, где y есть максимальное значение e_g . Заменив E_0 , получим:

$$e_g = y - G (1 - \cos \theta). \quad (1)$$

Роль анодного напряжения в создании анодного тока оценивается членом De_a . Из черт. 1 видно, что

$$e_a = x - \mathcal{E} \cos \theta.$$

Здесь $x = E_0$ напряжение анодной батареи, $\mathcal{E}$ амплитуда напряжения на зажимах контура.

С другой стороны, напряжение на зажимах контура

$$\mathcal{E} = x - z,$$

где z неиспользованное напряжение батареи. Исключив $\mathcal{E}$, получим формулу для e_a в таком виде:

$$e_a = z + (x - z) (1 - \cos \theta). \quad (2)$$

Зная для данного значения θ величины e_g и De_a , найдем и e_{st} .

При некотором значении $\theta = \theta_0$, $e_{st} = 0$, а следовательно и $i_a = 0$. Этот угол θ_0 называется углом отсечки. При данных x , z и y угол отсечки зависит лишь от величины G . Нетрудно найти G , соответствующее наперед заданному значению θ_0 . При $\theta = \theta_0$

$$e_{st} = e_g + De_a = y - G (1 - \cos \theta) + De_a = 0.$$

Отсюда

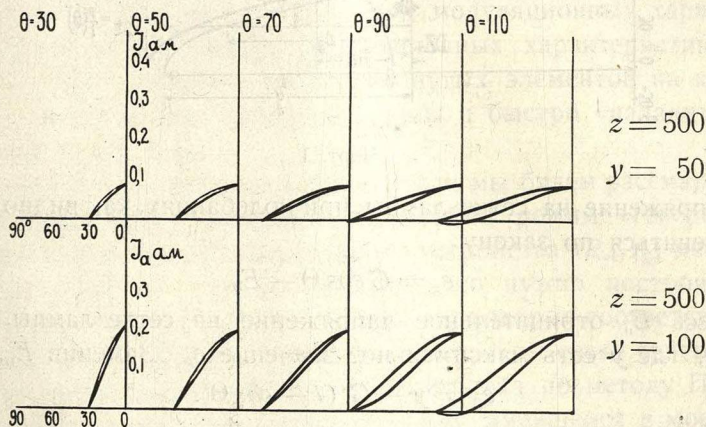
$$G = \frac{y - De_a}{1 - \cos \Theta_0} \quad (3)$$

Теперь остается лишь изучить целый ряд режимов. Это можно сделать либо графически, как на черт. 1, либо аналитически, пользуясь вышеприведенными формулами.

Построим режимы генератора при напряжении батареи $x = E_0 = 4000$ V.

I. Построим все режимы для $z = 250$ V.

1) Возьмем $y = 50$ и найдем по формулам (2) и (3) при $\Theta = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ и т. д. величины e_a и G , составим по этим цифрам таблицу, которая при данных x, z и y показывает, как меняется напряжение на аноде лампы, и дает величины G , необходимые для того, чтобы данный угол Θ был углом отсечки.



Черт. 2

а) Строим теперь кривую $i_a = f(\Theta)$ при $\Theta_0 = 30^\circ$, найдя по формуле (1), величину e_g , а потом e_{st} .

Величины x, y, z, Θ_0 и G для этого режима известны. Предварительное напряжение на сетку $E_0 = G - y$.

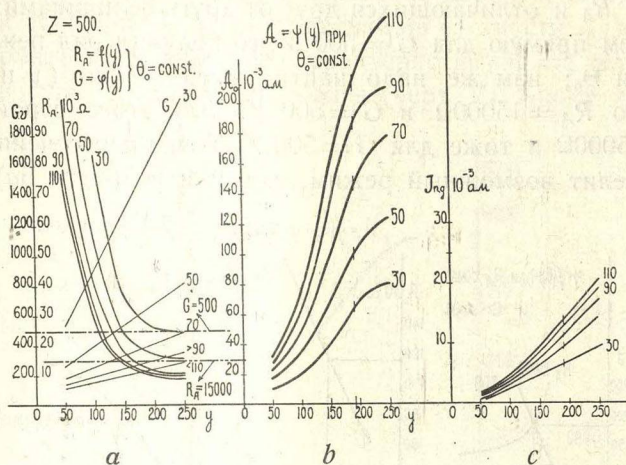
Разлагая кривую $i_a = f(\Theta)$ в ряд Фурье, найдем постоянную составляющую анодного тока A_0 , амплитуду первой гармонической A_1 , сопротивление контура для данного режима $R_a = \frac{\mathcal{E}}{A_1} = \frac{x - z}{A}$; по кривым черт. 1 находим постоянную составляющую сеточного тока $i_{ng} = \frac{\Sigma i_g}{36}$, а также и мощность, выделяемую на аноде $W_a = \frac{\Sigma e_a i_a}{36}$.

б) Делаем то же для значений $\Theta_0 = 50^\circ, 70^\circ$ и т. д.

2) Такую же работу проделаем для $y = 100, 150$ и т. д.

Брать значение для y больше 250 уже не имеет смысла, так как величина первой гармонической начинает падать.

II. Для данного z все режимы генератора построены. Берем дальше $z = 500, 1000$ и т. д. (Черт. 2).

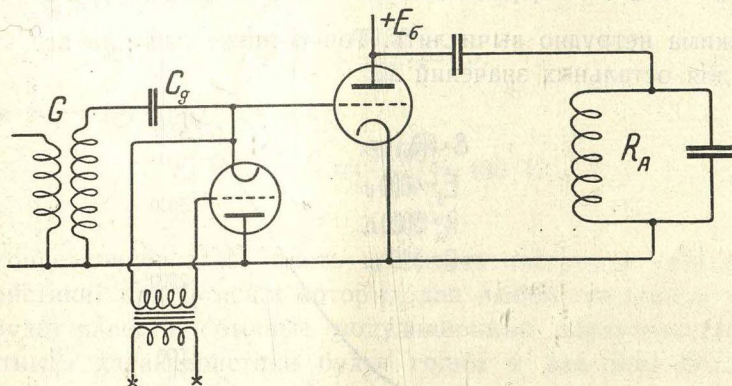


Черт. 3

III. По полученным результатам строим ряд графиков при $z = \text{const}$, для G , R_A , A_0 , A_1 , I_{ng} как функций y при $\Theta_0 = 30^\circ, 50^\circ$ и т. д. (черт. 3).

Имея эти кривые для разных $z = \text{const}$ можно построить модуляционную характеристику для какой-либо радиотелефонной схемы с заданными величинами R_A , G и r_g .

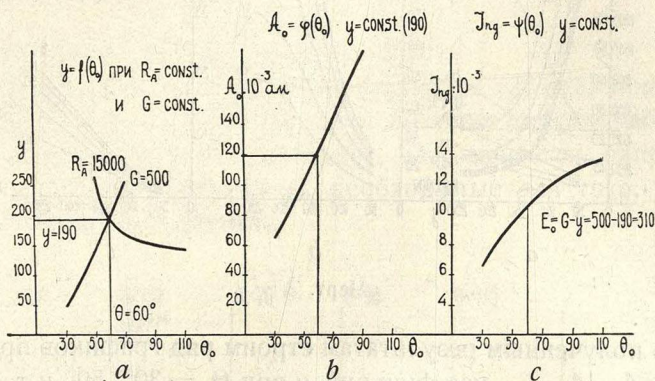
Воспользуемся, например, найденными кривыми для построения модуляционной характеристики схемы с гридливой модуляцией (черт. 4) и с независимым возбуждением для $E_0 = 4000$ V, $R_A = 15000 \Omega$ и $G = 500$ V.



Черт. 4

В этой схеме можно считать постоянными величины: E_0 (при достаточной мощности ее и хорошей проводимости анодной цепи), R_A и G (при достаточной мощности возбудителя). При модуляции меняются лишь величины y и E_0 , но сумма их $y + E_0 = \text{const}$. Величина E_0 будет анодным напряжением гридливой лампы, а постоянная составляющая тока сетки генератора i_{ng} ее анодным током.

Найдем все электрические величины для $z = 500 \text{ V}$. Если на черт. 3а проведем прямую $R_A = 15000 \Omega$, то получим ряд режимов, возможных для данного R_A и отличающихся друг от друга величинами: G , y и θ_0 ; если проведем прямую для $G = 500 \text{ V}$, то получим ряд режимов с разными R_A , y и θ_0 ; нам же надо найти такой режим (y и θ_0), чтобы одновременно $R_A = 15000 \Omega$ и $G = 500 \text{ V}$. Для этого строим $y = f(\theta_0)$ при $R_A = 15000 \Omega$ и тоже для $G = 500 \text{ V}$. Точка пересечения этих кривых и определит возможный режим, т.е. y и θ_0 (черт. 5а).

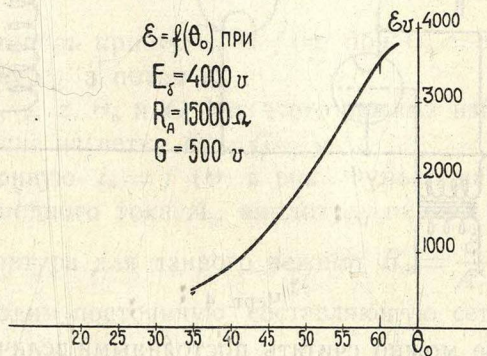


Черт. 5

Теперь не трудно для данного z найти $E_0 = G - y$. Имея A_0 , A_1 , W_a , $i_{ng} = f(y)$, мы можем найти ряд этих величин для $y = \text{const}$.

Зная θ_0 , мы можем из кривых A_0 , A_1 , i_a и $i_{ng} = f(\theta_0)$ при $y = \text{const}$ найти определенные величины для данного θ_0 (черт. 5б, с).

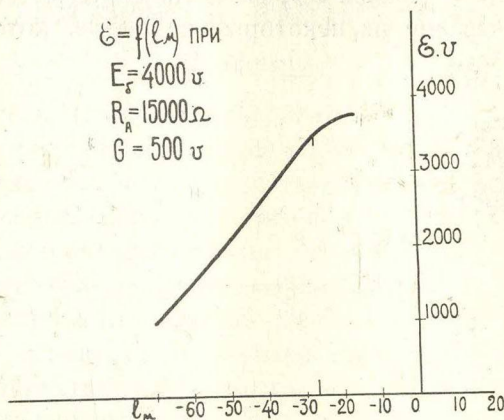
Величины подводимой мощности $W_n = A_0 \cdot E_0$, полезной мощности $W_N = W_n - W_a$ и коэффициента полезного действия $\eta = \frac{W_N}{W_n}$ для данного режима нетрудно вычислить. Точно также находим все эти величины и для остальных значений z_0 .



Черт. 6

Если построить графики для всех этих величин, как функций угла θ для разных z , то получим «абсолютную» модуляционную характеристику, черт. 6.

Абсолютной можно ее назвать потому, что она не зависит от типа гридливой лампы. Имея статические характеристики гридливой лампы и абсолютные характеристики [в частности i_{ng} и $E_0 = f(\Theta_0)$], можно построить модуляционную характеристику $\mathcal{E} = f(e_p)$, где e_p — напряжение на сетке гридливой лампы (черт. 7). Кроме того, эти аб-



Черт. 7

солютные характеристики оказываются годными и для остальных случаев модуляции на сетку с независимым возбуждением при $G = \text{const}$. Все эти кривые для $z = \text{const}$ годны и для случая гридливой модуляции с самовозбуждением. Здесь лишь придется для каждого z брать особое $G = G_0$. Так, если мы возьмем при максимальном режиме, т.-е. при $z = 250 \text{ V}$ попрежнему $G = 500$, то коэффициент трансформации будет

$$U = \frac{\mathcal{E}}{G} = \frac{3750}{500} = 7,5.$$

Для $z = 1000$ придется взять

$$G_0 = \frac{x - z}{U} = \frac{3000}{7,5} = 430 \text{ V}$$

и т. д.

В конце концов здесь опять возможно построить «абсолютные» характеристики, при помощи которых для любой гридливой лампы можно будет нанести обычные модуляционные характеристики. Эти «абсолютные» характеристики будут годны и для ряда других схем модуляции на сетку с самовозбуждением.

Если построить эти кривые при $z = \text{const}$ для значений $x = E_s = 500, 1000, 2000$ и т. д., то будет возможно построить модуляционные характеристики для случаев модуляции на анод.

Этот способ при своей кропотливости имеет и существенные положительные стороны:

1) для данного типа лампы достаточно построить лишь один раз x -ки при $z = \text{const}$;

2) имея их, нетрудно построить целое семейство модуляционных хар-к для любого случая модуляции.

Кроме того эта работа дает возможность найти путь к более быстрому и точному построению модуляционных хар-к для любой схемы модуляции. Эти способы будут изложены в дальнейшем.

В заключение я должен выразить свою благодарность проф. М. В. Шулейкину за указание на некоторые недочеты, которые были допущены в этой работе.

Москва

Радиостанция М.Г.С.П.С.

8 мая 1928 г.

Добавление к статье „эмпирические зависимости сопротивления вольфрама от температуры“¹⁾

Н. Д. Моргулис

Охлаждающее действие вводов, поддерживающих накаливаемый катод, сильно осложняет вопрос об определении истинного сопротивления и истинной температуры средней части катода, которая и обуславливает главным образом электронную эмиссию. При всех измерениях фактически определяется не это истинное максимальное сопротивление, а некоторое другое «эффективное», в виду того, что, вследствие охлаждающего действия вводов, как температура, так и сопротивление не остаются постоянными вдоль всего катода, а уменьшаются по мере приближения к его концам; при этом исследования показали, что кривые распределения температур и сопротивлений вдоль накаливаемого вольфрамового катода идут почти одинаково. В виду того, что для электронной эмиссии главную роль играет максимальная температура T_m средней неохлажденной части катода, возникает вопрос, каким образом можно определить ее из условий накала данного электровакуумного прибора, если линейные размеры катода неизвестны. Для этого поступаем следующим образом:

Пусть при некотором определенном накале измеренная разность потенциалов на концах вольфрамового катода равна V вольт, а его измеренное эффективное сопротивление равно R ом. Если бы вся нить имела температуру равную максимальной температуре средней части катода — T_m , то, как общее сопротивление, так и разность потенциалов на концах катода оказались бы больше; в этом случае к измеренной разности потенциалов V пришлось бы прибавить некоторую величину $2 \Delta V$, обусловленную отсутствием охлаждающего действия двух вводов.

В таком случае величина

$$f = \frac{V + 2 \Delta V}{V} \quad (1)$$

даст значение того множителя, на который нужно умножить измеренное сопротивление R , чтобы получить значение максимального сопротивления R_m , которое имел бы катод, находящийся при максимальной температуре T_m , т.е. при отсутствии охлаждающего действия вводов.

На основании этого имеем:

$$\frac{V + 2 \Delta V}{V} = \frac{R_m}{R} = \frac{T_m^{1,2}}{T^{1,2}} \quad (2)$$

¹⁾ См. ТИТбп № 48, стр. 330. 1928.

В последнем уравнении отношение сопротивлений вольфрамового катода заменено отношением их температур в степени 1,2. Значение ΔV в формуле (2), согласно исследованиям Форсайта и Ворсинга¹⁾, может быть определено в достаточной мере точно при помощи следующей эмпирической формулы

$$\Delta V = \frac{1}{2} \left[0,00028 T_m - 0,17 \right]. \quad (3)$$

Значение T — эффективной температуры может быть вычислено из значения R — измеренного эффективного сопротивления по следующей эмпирической формуле

$$T = 286,0 \left[\frac{R}{R_{293}} \right]^{0,833}.$$

Обозначая известную величину $T^{1,2} = a$, можно получить из формул (2) и (3)

$$\frac{T_m^{1,2}}{a} = \frac{V + 0,00028 T_m - 0,17}{V},$$

или

$$V T_m^{1,2} - 0,00028 a T_m - a (V - 0,17) = 0, \quad (4)$$

и, решая уравнение (4) каким-нибудь из многочисленных способов приближенного решения уравнений, можно определить значение максимальной температуры средней части вольфрамового катода — T_m исключительно по данным условиям накала, что представляет большое удобство при различного рода практических исследованиях готовых электровакуумных приборов.

Научно-Исследовательская Кафедра Физики.
Киев. 20 мая 1928 г.

¹⁾ W. Forsythe et A. Worthing. Revue generale de l'électricité. 20, 333, 1926.

Хроника

Русское общество радиоинженеров в Ленинграде. За истекшее первое полугодие 1928 года РОРИ в Ленинграде широко развернуло свою деятельность, несмотря на относительно краткий срок, прошедший со времени его регистрации (25 февраля 1928 г.).

На общем собрании общества 24 апреля с. г. вместо временного президиума избран Совет Общества в следующем составе: проф. А. А. Петровский (председатель), инж. Н. Н. Циклинский (заместитель председателя), инж. В. И. Волынкин (казначей), проф. И. Г. Фрейман (представитель Совета в научно-технических комиссиях Общества) и инж. С. И. Зилитинкевич (ученый секретарь).

Первое общее собрание РОРИ в Ленинграде состоялось 8 апреля. Всего за истекшее время было 5 общих собраний, на которых членами общества было сделано 5 научно-технических докладов. Кроме того, члены общества участвовали в заседании Физического отделения Русского Физ.-Хим. О-ва, на котором был сделан доклад проф. Ланжевром «О супра-звуках».

Временный президиум общества собирался 3 раза (с 25 февраля по 24 апреля). Совет общества — 4 раза.

В настоящее время в обществе 30 действительных членов и 8 член-соревнователей. Годовой членский взнос для первых 8 рублей, для вторых 5 руб.

В истекшем полугодии общие собрания происходили или в помещении общества (Лнгр., Петр. ст., Б. Зеленина ул., д. 8, кв. 14. Телефон 6.14—82), или чаще в помещении Ленинградск. Отдел. Центрального

Электротехнического Совета. Обычно собрания созывались 2 раза в месяц по вторникам, в 20 часов.

Ученый секретарь *С. Зилитинкевич*.

Радиовещание в Закавказье. После ряда постановлений партийных конференций и совещаний по радио, комиссия по радио при ЦК ВКП (б) выработала стройную программу радиофикации страны.

Необходимо теперь же организовать слушание радиовещательных программ на местах с использованием телефонных проводов. Это особенно касается Закавказской деревни, где почти половина громкоговорителей молчат.

Наркомпочтелем в ближайшем же будущем будет приступлено к обучению работников связи технике ухода за радиоаппаратом, чтобы в течение нескольких месяцев создать кадр уездных и районных инструкторов. Кроме того, Закавказский округ связи организует в деревнях показательные радиоустановки с проволочной трансляцией в жилищах крестьян. Опыты показали, что на расстоянии 150 километров можно использовать все сельские телефонные провода.

Через два месяца на места будет разослана аппаратура для радиофикации рабочих домов и для постановки радиовещания по проводам в селах. Для чистоты передачи будут установлены приборы для стабилизации волны.

В Баку и Эривани заново строятся по последнему слову радиотехники новые студии. В Тифлисе приступлено к переделке телеграф-

ного передатчика на телефонию; работающая же ныне радиостанция будет переведена в Эривань. В Баку также приступлено к переделке передатчика на телефонию мощностью в 10 киловатт в антенне.

Наличие двух мощных и одного менее мощного передатчиков даст возможность в любом пункте ЗСФСР принимать программу передач на простые детекторные приемники.

Должна быть осуществлена широкая критика радиовещательных программ, организация взаимных трансляций радиовещательных станций в национальных республиках, обслуживание специальными программами, простыми и легкими, для улиц и площадей и т. д.

А. Ж.

Из иностранной литературы

Об акустических волнах высокой частоты. В № 14 (апрель 1928 г.) «Revue générale de l'Electricité» помещен реферат последнего доклада Ланжевена о применении волн продольных колебаний (акустических), частотой от 20.000 до 10.000.000 (это соответствует длине волны в воде, при скорости распространения волн 1500 м/сек от 7,5 см до 0,1 мм). Как известно, акустические волны имеют большое практическое значение для подводной сигнализации (и телефонии), для определения глубины, для предупреждения о нахождении на пути следования судна препятствий (используя явление эха); преимущество высокой частоты в данном случае—это возможность направленных приема и передачи, несравнимо более совершенных, чем при акустических волнах обычной (звуковой) частоты.

Для передачи и приема этих волн (высокочастотных) используется, в

принципе, радиотехническая аппаратура. Это тем более естественно, что частоты акустических волн высокой частоты одного порядка и даже совпадают с частотами электромагнитных волн, применяемых в радиотехнике. Как в приемнике, так и в передатчике применяют кварц—в первом случае для преобразования акустических (приходящих) колебаний в электрические, а во втором—электромагнитных колебаний—в акустические, издаваемые, колебания. Толщины пластин кварца получают, например, в 6 см для частоты 40000 пер/сек; напряжение, применяемое на передатчике, достигает нескольких десятков тысяч вольт; высокое напряжение необходимо для получения возможно больших амплитуд колебаний кварца (они получают порядка 10^{-5} см).

Г. Н. Макаревский.

Библиография

А. С. Грамматчиков.—*«Мачто-строение»*. Прочитав заглавие этой книги, читатель надеется найти в ней данные, относящиеся ко всевозможным конструкциям мачт: железным, железо-бетонным, деревянным, с оттяжками и без таковых; но, к сожалению, он ошибется, так как найдет в ней только сведения и расчеты, относящиеся к деревянным кустовым мачтам с оттяжками; поэтому правильнее было бы, не вводя в заблуждение читателя, назвать этот труд «Опыт расчета и конструкции деревянных кустовых мачт с оттяжками».

Предлагаемое заглавие, начинающееся словом «Опыт», наиболее подходящее название для этой книги, составленной несколько небрежно, тем более что в русской литературе не имеется трудов в этой области.

Книга перегружена элементарными выводами из строительной механики в ущерб ясности изложения, не давая, в то же время, точного решения вопроса.

Первые две главы этого труда посвящены краткому описанию и расчету антенны. Главное внимание в главе II уделено выводам, относящимся к сравнению результатов применения для расчета антенны, расположенной по параболической кривой, с таковой же, расположенной по цепной линии, а затем, в конце главы, приведен примерный расчет сети и, наконец, расчет деревянной реи.

Если бы не имелась налицо некоторая запутанность изложения и не совсем ясная формулировка, то можно было бы отметить достаточное количество данных, необходимых для определения натяжений в сети.

Следует еще указать на некоторую несогласованность одних и тех же данных: так, напр., на стр. 13 указывается, что обычно при гололеде задаются давлением ветра 36—40 kg/м, на странице 33 эта цифра изменена на 52 kg/м, а на странице 43-й давление ветра принято равным 27 kg/м. Затем на странице 39 указывается, что в данном случае (в каком — неизвестно) пользоваться формулой (55) нельзя, а на следующей странице, на которой продолжается подсчет, сказано: «для получения более точных результатов следует пользоваться введенными выше уравнениями (55) и (60)».

В III главе изложены способы расчета оттяжек, а также указаны конструкции прикрепления оттяжек. При решении вопроса о наиболее выгоднейшем расположении оттяжек, автор делает совершенно произвольное допущение, что напряжения во всех оттяжках равны; такое предположение, положенное в основу всего дальнейшего вывода, — в корне не верно. Кроме того, при решении этого вопроса, автор рассматривает только вертикальные составляющие усилий в оттяжках, о горизонтальных же составляющих, оказывающих значительно большее влияние на мачту, автор умалчивает. В дальнейшем автор указывает, что для верхней оттяжки практически берут расстояние места прикрепления ее нижнего конца от основания мачты равным половине высоты прикрепления. Указывая на такую меру, автор вместе с тем, как мне известно, при проектировании мачты сам отошел от этой величины, доказывая выгодность прикрепления оттяжек на большем расстоянии, чем

половина высоты прикрепления верхней оттяжки. Ясно, что указания на такую меру неправильны и в действительности следовало бы произвести исследование для определения наиболее выгодного места прикрепления оттяжек.

Переходя к частностям в этой главе, следует отметить, что, напр., на странице 90 сказано: «необходимо соблюдение условия, чтобы все три горизонтальные составляющие от натяжения оттяжек пересекались в одной точке и следовательно взаимно уравновешивались». В этой фразе из первого ее предложения совершенно не вытекает второе, поэтому слово «следовательно» не уместно и не верно.

Далее на странице 88 — 95 приведены формулы из строительной механики, которые свободно можно было бы не приводить, тем более, что, напр., приведенная формула для расчета скобы не точна.

Глава IV посвящена расчету тела деревянной мачты.

Приводя типы кустовых деревянных мачт, автор останавливается, совершенно излишне, на определении моментов инерции и даже определяет формулой (152) момент инерции трехбревенчатой мачты относительно оси xx , что совершенно не нужно, так как достаточно момента инерции относительно оси yy , ибо все моменты относительно осей, проходящих через центр тяжести, — равны.

Выписывая на странице 101 таблицу из справочников о механических свойствах дерева, почему-то автор называет модуль упругости или коэффициент нормальной упругости (E) коэффициентом сжатия.

В конструкции стыка бревен показано расположение бугелей (чертеж 88) таким образом, что при этом не представится возможным стянуть плотно стык.

При проверке мачты на продольный изгиб, автор предлагает производить расчет по формуле Эйлера или Тетмайера для отдельных пролетов мачты между местами

прикрепления оттяжек, рассматривая каждую такую часть, как отдельную независимую стойку, что очень приблизительно, так как в мачте нагрузка распределяется по всей длине ее, резко меняясь в каждой точке прикрепления оттяжек.

На странице 119 и далее приводится расчет тела мачты, как многопролетной балки на жестких опорах, применяя для расчета уравнение 3-х моментов и приводя дальше для чего-то еще уравнение 2-х моментов; такой расчет мачты, как балки на жестких опорах, будет не в запас прочности, ибо в связи с удлинением оттяжек балка получается на упругих опорах и моменты на опорах будут значительно больше, чем при жестких опорах. Как на частную ошибку, следует указать на страницу 107, на которой сказано, что «с возрастанием I увеличиваются касательные усилия», что неправильно.

В главе V описаны расчеты и конструкции фундаментов для мачт и оттяжек.

Начиная с описания грунта и пояснения об угле естественного откоса, автор далее приводит вывод общеизвестной формулы для определения давления грунта на подпорную стенку; в дальнейшем можно лишь отметить неясность фиг. 114, так как нет равновесия между усилиями изображенными треугольниками; на странице 161 на фиг. 117 неправильно показана эпюра распределения напряжений у левого края фундамента и, наконец, на странице 163 непонятно, почему «вес фундамента не должен быть больше вертикальной составляющей натяжения оттяжек».

В главе VI описаны способы постройки кустовых мачт и уход за ними.

Описание постройки мачт, изложенное ясно и снабженное пояснительными схемами, дает возможность составить себе довольно отчетливое представление о подобной работе. Описание ухода за мачтами дает лишь общие указания.

Глава VII посвящена одnobревенчатым мачтам.

Не останавливаясь на методе расчета этих мачт, так как таковой, по мнению автора, ничем не отличается от метода расчета кустовых мачт, автор указывает лишь, что каждый стык ослабляет сечение мачты на $10-15\%$, и что расстояние между торцом мачты и верхним обрезом фундамента делается $10-20$ см, а нижние концы балок заделываются в бетон на $75-100$ см. Все приведенные цифры ничем не оправданы и поэтому не могут иметь существенного значения.

В дальнейшем автор приводит расчет стрелы для под'ема мачты и, описывая способ под'ема мачты помощью стрелы, оканчивает главу кратким описанием установки мачты способом последовательного наращивания. Вся описательная часть работ по под'ему и установке одnobревенчатой мачты сделана автором, хотя и кратко, но вполне ясно.

Конец книги снабжен примечаниями; в этих примечаниях автор указывает на более точные решения некоторых вопросов, которые и желательно было бы ввести в основное рассмотрение, а не помещать их в примечания.

В общем книга издана аккуратно, без больших ошибок и опечаток, но производит впечатление написанной наспех и немного бессистемно; такие недочеты можно оправдать тем, что на русском языке нет руководств по мачтостроению, и таким образом автор является в некотором роде пионером в этой области.

Для будущего издания можно лишь пожелать, чтобы автор применил к расчету мачт более точные выводы, а не ограничивался бы простыми допущениями, зачастую очень соблазнительными, но дающими решения, далекие от истины.

Проф. В. Соколовский.

5/VI—28 г.

Hochfrequenz-messtechnik von Dr.-Ing. August Hund. II Auflage, 526 стр., 1928. Издание Springer. Цена 39 марок. Первое издание труда Hund'a, выпущенное в 1922 г., широко известно среди русских радиоспециалистов и пользуется заслуженной репутацией прекрасного руководства по радиоизмерениям.

Настоящее, второе издание значительно увеличено: примерно вдвое. Такое расширение диктуется быстрым темпом развития радиотехники, видоизменением, уточнением и введением совершенно новых методов измерений.

Укажем вкратце дополнения, появившиеся во втором издании. Помимо XXVI глав, имевшихся в первом издании, добавлены еще три самостоятельные: а) электромагнитные поля; б) фильтры; в) различные методы расчетов. Содержание первых двух глав определяется заглавием; что же касается третьей—«различные методы расчетов», то в ней изложены способы расчета прямоволновых, прямочастотных и др. конденсаторов.

Отмеченные выше XXVI глав первого издания получили соответствующее углубление. Рассмотрение каждой главы в отдельности заняло бы слишком много места, поэтому ограничимся перечислением наиболее существенных дополнений без указания, к какой именно главе они относятся.

Во-первых, необходимо отметить подробное описание измерительных приборов с электронной лампой и методов использования этих приборов: приведены различные схемы лампового вольтметра — диодный вольтметр; вольтметры, работающие на кривизне характеристики анодного и сеточного токов; вольтметр-усилитель; милливольтметр. Затем даны схемы лампового гальванометра (с двухсеточной лампой) и лампового фазометра.

Расширен отдел генераторов в. ч. введением ряда генераторных схем на короткие и ультра-короткие волны, схемы с камертоном, ум-

ножителей частоты, использующих электронные лампы. Следует отметить цифровой материал, которым снабжены некоторые из указанных схем; этот материал значительно облегчает проектирование и изготовление лабораторных схем и приборов.

Значительному дополнению также подвергся отдел градуировки волномеров: здесь рассмотрен ряд источников эталонной частоты—кварцевый генератор, гармонический генератор и др.; далее указаны методы прецизионной градуировки—трубкой Брауна (метод Бюро Стандартов), системой лехеровых проводов, биениями двух пьезогенераторов и т. п.

Измерения с антеннами дополнены методами определения градиента поля, действующей высоты (при помощи рамочной антенны) и введен совершенно новый отдел испытания антенн с длинной горизонтальной частью (антенн бегущей волны).

Ряд включенных во второе издание методов исследования приемной аппаратуры, напр.: определение детекторных свойств лампы; испытание усилителей в ч. и н. ч.; исследование рамочного приемника и др., помещены частями в главах—«измерения с электронными лампами» и «различные методы измерений». Указанное размещение материала следует отнести к некоторому недостатку, так как оно затрудняет пользование книгой в качестве справочника.

Необходимо также отметить совершенно недостаточное освещение вопросов (появившихся только во II издании) испытания лампового передатчика и измерений на радиотелефонной станции; первому вопросу посвящена всего лишь одна страница; второй отдел, хотя и пополнил несколько больше места, но

все же хотелось бы иметь в этом направлении более исчерпывающий материал.

Отмеченные недочеты никаким образом не умаляют достоинств книги, являющейся единственным наиболее полным и совершенным руководством по радиоизмерениям и долженствующим попрежнему служить настольной книгой каждого радиоспециалиста, так или иначе сталкивающегося с радиоизмерениями.

Б. Асеев.

Новые издания, поступившие в редакцию

Сборник работ по вопросам проектирования телефонных схем. 1928. Изд. НТУ. Труды ЛЭЭЛ- № 8. Стр. 80. Цена 1 р. 50 к.

Содержание: А. К. Кутти—О графическом изображении рабочего режима схем. М. Г. Цимбалысты—К вопросу о рациональном составлении релейных схем. В. М. Ефремов—Монтажная обработка телефонных схем ручного обслуживания. Я. С. Левиев—Графическое описание действия телефонных схем. А. К. Кутти—Приложение графического метода к разбору телефонных схем.

Война и Техника № 1. 1928. ГИЗ. Стр. 160. Цена 1 р. 75 к.

Содержание: Организация и система снабжения.—Артиллерия.—Военно-химическое дело.—Военно-инженерное дело.—Механический транспорт и пути сообщения.—Связь.—Военное хозяйство.—За рубежом (обзор военной техники).—Библиография.

Германская техника. № 1—№ 6. 1928. Орган эконом. ин—та для сношения с СССР и пр. Вост.-Европ. госуд. Изд. Вост.-Европ. из-ва Берлин—Кенигсберг Пр.

Содержание № 6: Ярмарка товарных образцов, техническая и строительная ярмарка и сельскохозяйственная выставка в Кенигсберге с 11 по 14 авг. 1928 г.—Тракторы в промышленности, коммунальных и иных предприятиях.—Современное дорожное строительство.—Турбогенератор мощностью 160.000 kw для станции Hellgate в Нью-Йорке.—Библиография.

Издание Нижегородской Радиолaborатории имени В. И. Ленина.

Тираж 1050 экз.

Гублит № 505.

Печатание ТиТбл 4 (49) закончено 19 сентября 1928 года.

Нижполиграф, Н.-Новгород, Варварка, 32.

1 руб. 25 коп.