

„Т. и Т. б. н.“

Ж У Р Н А Л

„ТЕЛЕГРАФИЯ И ТЕЛЕФОНΙΑ БЕЗ ПРОВОДОВ“.

ИЗДАНИЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ РАДИОЛАБОРАТОРИИ ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА.

Под редакцией проф. В. К. Лебединского и проф. А. А. Петровского.

О С Н О В А Н в 1918 году.

Том VII

№ 2 (35), М А Й

1926

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 VII

№ 2 (35), May, 1926

C O N T E N T S:

A. Original papers.

Н. Р. Grishkova. Note about the calculation of the radio-masts on the longitudinal bend.—**У. Х. Vitorsky,** Eng. Transient state of an oscillating circuit tuned in frequency with the feeding alternator (conclusion).—**Р. У. Shmakov.** Radiotelephony with loop antennae.—**С. Morugina.** Investigation of the thermo-electric forces of the thermojunctions W—Ta and W—Mo at high temperatures.—**У. J. Bashenoff,** El. Eng. Formula for the calculations of the inductance of a right-angle triangle and its possible further practical appliances.—**У. J. Bashenoff,** El. Eng. Results of the measurements of field intensities of various radio-stations in Moscow.—**А. Е. Suzant.** On the design of antennae (with reference to L. Landa's article in the 33rd number of "TiTbp").—**Letter to the Editor.** On Prof. I. Freiman's review in the 33rd number of "TiTbp", pp. 655—656, Dec. 1925.

B. Abstract from foreign literature.

С О Д Е Р Ж А Н И Е.

<i>М. П. Тришкова.</i> Заметка о расчете радиомачт на продольный изгиб	89
<i>Инж. В. К. Виторский.</i> Нестационарные состояния колебательного контура, настроенного в резонанс на частоту питающего альтернатора (окончание)	97
<i>П. В. Шмаков.</i> Радиотелефонирование с замкнутыми антеннами	113
<i>С. Моругина.</i> Исследование термоэлектродвижущих сил термопар $W-Ta$ и $W-Mo$ при высоких температурах	123
<i>Инж. В. И. Баженов.</i> Формула коэффициента самоиндукции прямоугольного треугольника и ее возможные дальнейшие применения	131
<i>Инж. В. И. Баженов.</i> Результаты измерений градиента электрического поля электромагнитных волн различных радиостанций в Москве	150
<i>М. Е. Сузакт.</i> К проектированию радиосетей. (По поводу статьи Л. М. Ланда в № 33 <i>ТГТбп</i>)	156
<i>Письмо в редакцию ТГТбп.</i> По поводу рецензии проф. И. Фреймана в № 33 <i>ТГТбп</i> (декабрь 1925 года, стр. 655—656)	160
<i>Из иностранной литературы:</i> А. Шейбе. Параллельное включение отправительных катодных ламп при возбуждении интенсивных коротких волн.—Техническое описание радиостанции в Рэзби.—Распространение коротких волн, посылаемых с корабля „Jacques Cartier“.—Государственная радиосвязь Англии.—Радиотелеграфирование по проводам сильных токов.—Применение катодного усилителя для выслушивания больных.—Ослышимости в Японии европейских радиостанций зимой 1925—1926 года	162
<i>Исправления.</i>	174

Заметка о расчете радиомачт на продольный изгиб¹⁾.

Н. П. Гришковой.

В современной научно-технической литературе неоднократно рассматривался вопрос о постройке радиомачт. В Европе и в Америке мачты строятся главным образом из железа—у нас из дерева. Поэтому-то чаще всего в нашей технической литературе рассматриваются конструкции деревянных мачт.

Мачты представляют собой длинные вертикальные стержни и как таковые должны быть рассчитаны на продольный изгиб. Все расчеты на продольный изгиб производятся по формуле Эйлера. Эта формула совершенно справедлива для таких стержней, собственный вес которых мал, сравнительно с внешними сжимающими силами. При нахождении критической силы (той силы, при которой стержень начинает изгибаться) по формуле Эйлера совсем не принимается во внимание вес стержня. Какой бы длины и веса не был стержень, критическая сила для него всегда будет равна

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

считая, что оба конца стержня оперты.

Представим себе длинный сравнительно с поперечными размерами вертикальный стержень с двумя опертыми концами. Пусть на такой стержень действует равномерно распределенная по длине сила, т.-е. его вес; обозначим этот вес через Q . В том случае, когда он будет равен²⁾

$$Q = 18,5 \frac{EI}{l^2}, \quad (1)$$

такой стержень искривится уже только от собственного веса. Так что, если этот стержень представляет собой радиомачту с оттяжкой, состоящей из 4-х одинаково натянутых и симметрично расположенных тросов, то ни о каком натяжении тросов нельзя будет и думать, так как стержень (мачта) изогнется от одного собственного веса.

¹⁾ По поводу статьи А. С. Грамматчикова, ТиТбп № 32, стр. 443. (Формула расчета сжатых частей мачты).

²⁾ См. „О продольном изгибе при распределенной нагрузке“. Проф. А. Н. Динник. Глава II § 2. Известия Екатеринбургского Горного Института за 1925 г. и проф. Тимошенко: „Теория упругости“, часть II § 25.

Мачты как раз представляют собой длинные сравнительно с поперечными размерами стержни. Они стоят вертикально и не изгибаются от собственного веса только благодаря оттяжкам. Целью настоящей заметки и является выяснение влияния собственного веса и оттяжек на устойчивость мачты.

Рассмотрим сначала влияние собственного веса мачты на ее устойчивость. Пусть оба конца стержня (радиомачты) оперты; длина его l ; к верхнему концу стержня приложена сила P , действующая вниз по его оси, и сила веса, равномерно распределенная по его длине (черт. 1).

Потенциальная энергия изогнутого стержня¹⁾

$$\frac{EI}{2} \int_0^l y''^2 dx.$$

Потенциальная энергия груза P , поднятого на высоту l (назовем грузом P силу P), будет Pl . При изгибе стержня верхний конец его опустится на величину

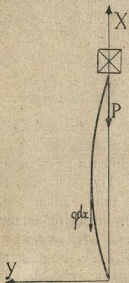
$$\frac{1}{2} \int_0^l y'^2 dx,$$

и следовательно потенциальная энергия уменьшится на

$$\frac{P}{2} \int_0^l y'^2 dx,$$

и вся потенциальная энергия груза P будет

$$Pl - \frac{P}{2} \int_0^l y'^2 dx.$$



Черт. 1.

Потенциальная энергия собственного веса, если нагрузка равномерно распределена по длине стержня, будет $Q \cdot \frac{l}{2}$ (считаем, что вес стержня приложен в центре тяжести, т.е. на высоте $\frac{l}{2}$). Вес элемента длины стержня qdx . Каждый элемент стержня, находящийся на расстоянии x от нижнего конца, опускается на величину

¹⁾ См. проф. Тимошенко „Курс сопротивления материалов“ § 176.

$$\frac{1}{2} \int_0^x y'^2 dx.$$

При опускании потенциальная энергия каждого элемента стержня уменьшится на

$$\frac{q}{2} dx \int_0^x y'^2 dx,$$

а всего стержня длины l на

$$\frac{q}{2} \int_0^l dx \int_0^x y'^2 dx.$$

Значит, потенциальная энергия собственного веса будет

$$\frac{Ql}{2} - \frac{q}{2} \int_0^l dx \int_0^x y'^2 dx.$$

Таким образом вся потенциальная энергия

$$\Pi = \frac{El}{2} \int_0^l y''^2 dx + Pl - \frac{P}{2} \int_0^l y'^2 dx + \frac{Ql}{2} - \frac{q}{2} \int_0^l dx \int_0^x y'^2 dx. \quad (2)$$

По теореме Дирихле при равновесии потенциальная энергия должна быть минимум либо максимум. Из условий максимума или минимума выражения (2) ищем P критическое по способу Рица. Подставляем в (2) значение y и его производных в виде ряда, удовлетворяющего граничным условиям,

$$y = A_1 \sin \frac{\pi x}{l} + A_2 \sin \frac{2\pi x}{l} + A_3 \sin \frac{3\pi x}{l} + \dots \quad (3)$$

Если ось X направлена вверх, а ось Y влево (черт. 1), то условия на границах будут: при $x = 0$, $y = 0$ и при $x = l$, $y = 0$. Очевидно, что каждый член ряда (3) удовлетворяет граничным условиям.

Можно взять, сколько угодно членов этого ряда; чем больше, тем точнее получится результат. Мною было взято 6 членов этого ряда, но оказалось, что и один член дает величину критической силы ту же, что и шесть членов.

Обозначив через P_c эйлерову критическую силу, $P_{кр}$ силу, полученную, если принимать во внимание собственный вес, и Q , как было указано, вес стержня, мы из (2) по способу Риза при одном члене ряда (3) получим

$$P_{кр} = P_c - \frac{Q}{2}. \quad (4)$$

При $Q = 0$, т.е. не принимая во внимание собственного веса, мы имеем

$$P_{кр} = P_c = \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

т.е. формулу Эйлера.

Из (4) мы можем сделать следующий вывод: так как при увеличении длины стержня эйлера сила уменьшается, а вес увеличивается, то разность $P_c - Q/2$ ¹⁾ будет делаться все меньше и меньше и может стать равной нулю²⁾. И если мы тогда хоть скольконибудь натянем тросы, то стержень (мачта) искривится. Так что для очень высоких мачт нужно каким-нибудь путем увеличить устойчивость прямолинейной формы. Для этой цели и служат промежуточные оттяжки, которые делят мачту на несколько пролетов. Оттяжки для мачты—это точки опоры, расположенные по ее длине. В этих точках кроме горизонтальных слагающих оттяжек, увеличивающих устойчивость мачты, действуют на мачту также и силы, направленные вдоль по ее оси—это вертикальные слагающие оттяжек.

Рассмотрим случай равновесия вертикального длинного стержня под действием собственного веса и трех оттяжек (каждую оттяжку мы представляем себе, как три или четыре троса, одинаково натянутые и симметрично расположенные относительно мачты, см. черт. 2). Первый пролет мачты a , второй b , третий $c = l - a - b$, считая снизу вверх. Вся длина стержня l . В конце пролета a укреплен оттяжка, которая дает составляющую силу P_1 , направленную по оси стержня; в конце пролета b вторая оттяжка дает силу P_2 , и в конце стержня верхняя оттяжка дает силу P_3 . Величины этих трех сил нам неизвестны. Кроме этих сил

¹⁾ При $\pi^2 \frac{EI}{l^2} = \frac{Q}{2}$, т.е. при $Q = 2\pi^2 \frac{EI}{l^2}$ мачта начнет изгибаться только от собственного веса. Эта формула найдена приближенно, тогда как точная формула (1) выражает ту же величину веса мачты, при которой начнется продольный изгиб. Разница между величинами около 70%.

²⁾ При $\frac{Q}{2} > P_c$ критическая сила может сделаться отрицательной. Для радиомачт этот случай не представляет интереса, и я на нем останавливаться не буду.

на стержень действует его собственный вес, равномерно распределенный по длине. Составляя, как прежде было указано, выражение потенциальной энергии изгиба и приложенных нагрузок, получаем:

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{El}{2} \int_0^l y''^2 dx + \frac{Ql}{2} - \frac{q}{2} \int_0^l dx \int_0^x y'^2 dx + P_1 l - \frac{P_1}{2} \int_0^l y'^2 dx + \\ & + P_2 (a+b) - \frac{P_2}{2} \int_0^{a+b} y'^2 dx + P_3 a - \frac{P_3}{2} \int_0^a y'^2 dx. \end{aligned}$$

Если мы подставим сюда выражение y в виде ряда синусов, удовлетворяющих условиям на концах и в точках $(a, 0)$ и $(a+b, 0)$, и будем искать силы, которые можно приложить к трем точкам опоры, то получим

$$P_1 + \frac{a+b}{l} P_2 + \frac{a}{l} P_3 = \pi^2 \frac{El}{l} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) - \frac{Q}{2}. \quad (5)$$

В уравнении (5) дается то соотношение между силами P_1 , P_2 , P_3 и собственным весом и размерами стержня, при котором начинается продольный изгиб.

Положим, что все пролеты будут равными, т.-е. $a=b=c=\frac{l}{3}$; тогда (5) обратится в

$$P_1 + \frac{2}{3} P_2 + \frac{1}{3} P_3 = \pi^2 \frac{El}{l^2} \cdot 3^2 - \frac{Q}{2}. \quad (6)$$

Если мачта имеет n равных пролетов и n сил, действующих в конце каждого пролета, то

$$P_1 + \frac{n-1}{n} P_2 + \frac{n-2}{n} P_3 + \dots + \frac{1}{n} P_n = \pi^2 \frac{El}{l^2} n^2 - \frac{Q}{2}. \quad (7)$$

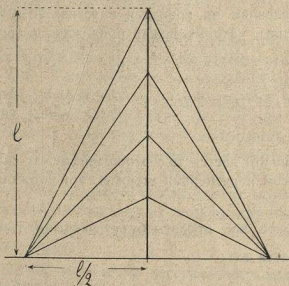
Если нам известно число пролетов мачты, их длина, поперечные размеры мачты, то мы всегда сможем в случае одного пролета подсчитать критическую силу по (4), или, если пролетов несколько, то сможем по (5), (6) и (7) найти величину сил, с которыми можно натягивать оттяжки, чтобы прямолинейная форма мачты была устойчива. В левой части (5) дается величина сил, с которыми можно натягивать оттяжки. Нам важно, чтобы они были как можно больше, так как тогда мачта

будет более устойчивой. Это зависит от первого члена правой части формулы (5)

$$\pi^2 \frac{EI}{l} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{l-a-b} \right).$$

Минимум этого выражения будет при $a = b = c = \frac{l}{3}$, т.е. наименее выгодно делать мачту с одинаковыми пролетами; для увеличения устойчивости выгоднее брать пролеты неравной длины.

Численный пример (черт. 2). Дана 4-х бревенчатая мачта длиной 100 мт с 4-мя пролетами. Диаметр бревен $d = 5$ вершков, т.е. 22,5 см;



Черт. 2.

расстояние между их центрами 32 см; каждая оттяжка этой мачты состоит из 4-х, одинаково натянутых и симметрично расположенных относительно оси мачты, тросов. Расстояние точки прикрепления верхней оттяжки к анкеру от основания мачты равно половине длины мачты, т.е. 50 мт, и угол, образуемый мачтой с каждым из тросов верхней оттяжки, $\alpha_1 = 26^\circ 30'$. Вес этой мачты (одних бревен) около 9,5 тонн.

Случай одной оттяжки. На верхнем конце мачты прикреплены 4 симметрично расположенные и одинаково натянутые троса; тогда, если натяжение каждого троса назовем S_1 , они в сумме дадут силу $P = 4 S_1 \cos \alpha$, приложенную к верхнему концу. Находя эту силу P по Эйлеру, мы получим

$$P = \pi^2 \frac{EI}{l^2} = \sim 4,5 \text{ тонны,}$$

т.е. $4 S_1 \cos \alpha_1 = 4,5$; отсюда натяжение каждого троса $S_1 = \sim 1,25$ т.

Если мы примем во внимание собственный вес мачты, то увидим, что он будет больше $18,5 \frac{EI}{l^2}$ (если считать по точной формуле (1) или если считать по приближенной формуле (2), предложенной мной)

$$Q > 2 \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

т.е. больше критического веса. Значит, натягивать верхнюю оттяжку нельзя, и мачта искривится от одного собственного веса.

Случай 2-х оттяжек. Мачта имеет два равных пролета $\frac{l}{2}$. Угол, составляемый каждым из тросов верхней оттяжки с осью мачты, как уже было указано, $\alpha_1 = 26^\circ 30'$, а нижней $\alpha_2 = 45^\circ$.

Расчитываем мачту, как разрезную балку. Самый опасный пролет нижний. Нижний пролет мачты сжимается весом вышележащей части мачты $\frac{Q}{2}$, и вертикальными слагающими верхней и нижней оттяжки (как мы представляем себе каждую оттяжку, указано выше). Натяжения всех тросов, для простоты, считаем равными и обозначим натяжение каждого через S_2 , тогда

$$4 S_2 (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) + \frac{Q}{2} = \pi^2 \frac{EI}{l^2};$$

откуда $S_2 = \sim 2,1$ тонн.

Если расчитывать по формуле (7), предложенной мною для многопролетного стержня (считая тросы одинаково натянутыми и тело мачты неразрезной балкой), и обозначить натяжение каждого троса через T_2 , тогда

$$4 T_2 (\cos \alpha_1 + \frac{1}{2} \cos \alpha_2) = \pi^2 \frac{EI}{l^2} 2^2 - \frac{Q}{2};$$

откуда получаем $T_2 = \sim 2,7$ тонны.

Случай 4-х оттяжек. Считая мачту разрезной балкой и находя таким же образом, как и в предыдущем случае, натяжение каждого троса, получаем $S_1 = \sim 6,1$.

А по формуле (7), принимая собственный вес и считая мачту неразрезной балкой, получаем $T_1 = 8,5$ тонн.

Пример 2-ой. Рассмотрим ту же мачту, но бревна ее составим вплотную. Все прочие условия оставим теми же, что в примере первом.

Случай одной оттяжки. Считая мачту однопролетным стержнем с оттяжкой на верхнем конце, мы имеем, не принимая во внимание собственный вес $P = \sim 2,5$ тонны; отсюда натяжение каждого троса оттяжки

$$4 S_1 \cos \alpha = 2,5 \text{ т.}; S_1 = 0,7 \text{ т.}$$

При вычислении натяжения тросов, если принимать собственный вес, получится то же, что и в примере первом, т.е. что мачта изогнется только от собственного веса. Одна оттяжка, укрепленная на верхнем конце, не будет делать мачту более устойчивой, и в случае одной оттяжки собственный вес чрезвычайно влияет на устойчивость.

Случай 2-х оттяжек. По предыдущему мы можем найти, что

$$4 S_2 (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) + \frac{Q}{2} = \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

и определить отсюда натяжение каждого троса $S_2 = 0,8$ тонн.

Принимая собственный вес и вычисляя по формуле (7)

$$4 T_2 (\cos \alpha_1 + \frac{1}{2} \cos \alpha_2) = \pi^2 \frac{EI}{l^2} 2^2 - \frac{Q}{2},$$

получаем $T_2 = \sim 1,0$ тонна.

Таким образом, конечно, можно вычислить величину натяжения оттяжек, сколько бы их не было.

В настоящей заметке даются формулы для проверки радиомачт на продольный изгиб; мачта рассматривается, как неразрезная балка, находящаяся под действием сжимающих сил от оттяжек, приложенных в точках закрепления их, и под действием сил собственного веса, распределенных вдоль всей длины мачты.

Механическая лаборатория Вкаториносл.
Горного Института.

Нестационарные состояния колебательного контура, настроенного в резонанс на частоту питающего альтернатора.

К вопросу о предельной скорости радиопередачи.

Инж. В. К. Виторский.

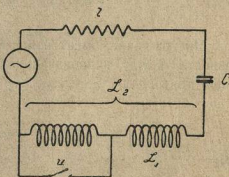
Продолжение со стр. 11.

§ 5. Нарушение резонанса в цепи r , L и C , питаемой источником синусоидальной эдс $e = E \sin \omega t$. Положим, что при разомкнутом ключе u (черт. 3) в цепи r , C , L_2 соблюдено условие резонанса напряжений:

$\omega L_2 = \frac{1}{\omega C}$, и следовательно сила тока равна

$$i_r = \frac{e}{r} = \frac{E \sin \omega t}{r}. \quad (1)$$

Пусть, далее, в некоторый момент t_0 самоиндукция цепи *мгновенно* изменяется до величины L_1 , например, путем замыкания ключа u^1). По достижении стационарного состояния установится сила тока



Черт. 3.

$$i_{ст} = \frac{E}{z} \sin (\omega t + \varphi) = I_{ст} \cdot \sin (\omega t + \varphi), \quad (2)$$

причем
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L_1}{r} \text{ и } z = \sqrt{r^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L_1\right)^2}.$$

Сила тока в переходный период равна

$$i = i_{ст} + i_3.$$

Совершенно так же, как и в предыдущем случае (§ 3), можно показать, что экстра-ток i_3 , протекающий по цепи в течение переходного периода, должен удовлетворять уравнению

¹⁾ При рассмотрении вопроса в общей форме безразлично, будет ли $L_2 > L_1$ или наоборот.

²⁾ Для простоты мы предполагаем, что ваттное сопротивление контура при замыкании ключа u не изменяется.

$$0 = i_3 r + L_1 \frac{di_3}{dt} + \frac{1}{C} \int i_3 dt,$$

и что сила тока в переходный период для случая, когда $r < 2\sqrt{\frac{L_1}{C}}$, выражается формулой:

$$i = i_{cr} + i_3 = \frac{E}{z} \sin(\omega t + \varphi) + I_3 e^{-\alpha(t-t_0)} \sin[\beta(t-t_0) - \varphi_1], \quad (3)$$

где

$$\alpha = \frac{r}{2L_1} \text{ и } \beta = \sqrt{\frac{1}{L_1 C} - \frac{r^2}{4L_1^2}} \approx \sqrt{\frac{1}{L_1 C}}.$$

Экстра-ток в момент изменения режима ($t = t_0$) должен равняться разности между первоначальной силой тока $(i_r)_{t=t_0}$ и стационарной силой тока $(i_{cr})_{t=t_0}$, т.е.

$$(i_3)_{t=t_0} = (i_r)_{t=t_0} - (i_{cr})_{t=t_0},$$

или

$$(i_r)_{t=t_0} = (i_{cr})_{t=t_0} + (i_3)_{t=t_0},$$

или же

$$\frac{E}{r} \sin \omega t_0 = \frac{E}{z} \sin(\omega t_0 + \varphi) - I_3 \sin \varphi_1,$$

откуда

$$I_3 \sin \varphi_1 = E \left[\frac{\sin(\omega t_0 + \varphi)}{z} - \frac{\sin \omega t_0}{r} \right] =$$

$$= i_{cr} \sin(\omega t_0 + \varphi) - I_r \sin \omega t_0. \quad (5)$$

Второе уравнение для определения I_3 и φ_1 получается из условия равновесия эдс в момент изменения самоиндукции цепи:

$$E \sin \omega t_0 = (i)_{t=t_0} \cdot r + L_1 \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=t_0} + \frac{1}{C} \int_0^{t_0} i_r dt.$$

Т. к. в момент t_0 (пока условие резонанса не нарушено) внешняя эдс тратится только на преодоление омического падения напряжения, т.е.

$$E \sin \omega t_0 = (i_r)_{t=t_0} \cdot r = (i)_{t=t_0} \cdot r,$$

то, следовательно,

$$L_1 \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=t_0} + \frac{1}{C} \int_0^{t_0} i_r dt = 0. \quad (6)$$

Далее имеем:

$$\frac{1}{C} \int_0^{t_0} i_r dt = \frac{1}{C} \int_0^{t_0} \frac{E}{r} \sin \omega t \cdot dt = -\frac{E}{\omega C \cdot r} \cdot \cos \omega t_0.$$

Подставляя эту величину, а также величину $L_1 \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=t_0}$, определяемую на основании ур. (3), в уравнение (5), найдем:

$$L_1 \left[\frac{E}{z} \omega \cdot \cos (\omega t_0 + \varphi) + I_3 \beta \cdot \cos \varphi_1 + I_3 \alpha \sin \varphi_1 \right] = \frac{E \cos \omega t_0}{\omega C \cdot r}.$$

или

$$\frac{E}{z} \omega L_1 \cos (\omega t_0 + \varphi) + \beta L_1 I_3 \cos \varphi_1 + \frac{r}{2} I_3 \sin \varphi_1 = \frac{E \cos \omega t_0}{\omega C \cdot r}. \quad (7)$$

Уравнениями (5) и (7) определяются I_3 и $\sin \varphi_1$.

Из уравнения (5) подставляем в (7) значение $I_3 \sin \varphi_1$:

$$\begin{aligned} \frac{E}{z} \omega L_1 \cos (\omega t_0 + \varphi) + \frac{r}{2} E \left[\frac{\sin (\omega t_0 + \varphi)}{z} - \frac{\sin \omega t_0}{r} \right] + \\ + I_3 \cos \varphi_1 \beta L_1 = \frac{E \cos \omega t_0}{\omega C \cdot r}. \end{aligned}$$

Принимая во внимание уравнение (4), получаем:

$$I_3 \cos \varphi_1 \approx \frac{E}{\beta} \left[\frac{\beta^2}{\omega} \cdot \frac{\cos \omega t_0}{r} + \frac{\alpha \sin \omega t_0}{r} - \frac{\alpha \sin (\omega t_0 + \varphi) + \omega \cos (\omega t_0 + \varphi)}{z} \right]. \quad (8)$$

Деля (8) на (5) и принимая во внимание, что $\frac{r}{z} = \cos \varphi$ (см. черт. 4),

1) Это же ур-ие может быть получено из следующего соотношения, справедливого для момента изменения режима:

$$L_1 \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=t_0} = L_2 \left(\frac{di_r}{dt} \right)_{t=t_0}.$$

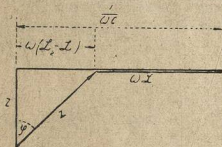
найдем:

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 = \frac{\frac{\beta^2}{\omega} \cos \omega t_0 + \alpha [\sin \omega t_0 - \cos \varphi \sin (\omega t_0 + \varphi)] - \omega \cos \varphi \cos (\omega t_0 + \varphi)}{\beta [\sin \omega t_0 - \cos \varphi \sin (\omega t_0 + \varphi)]}$$

Так как знаменатель последнего выражения может быть приведен к виду $\beta \sin \varphi \cos (\omega t_0 + \varphi)$, то, следовательно,

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 = \frac{\beta}{\omega} \frac{\cos \omega t_0}{\sin \varphi \cos (\omega t_0 + \varphi)} - \frac{\omega}{\beta} \operatorname{ctg} \varphi - \frac{\alpha}{\beta}. \quad (9)$$

Нас интересует главным образом продолжительность переходного периода, для вычисления которой достаточно знать начальную амплитуду экстратока I_3 и постоянные колебательного контура r , L_1 и C , в котором происходят колебания этого экстратока.



Черт. 4.

Для получения общей формулы, определяющей I_3 и дающей ее зависимость как от степени расстройки контура, так и от момента изменения режима, следовало бы из ур. (9) определить $\sin \varphi_1$ и полученную величину подставить в ур. (5). Однако, такой вывод окончательной формулы для I_3 является весьма громоздким в алгебраическом отношении.

Поэтому практически гораздо удобнее в каждом отдельном случае вычислять по формуле (9) значение $\operatorname{ctg} \varphi_1$, находить затем по таблицам тригонометрических функций соответствующее значение $\sin \varphi_1$ и подставлять его в ур. (5), из которого и определится величина I_3 .

Производя подобные вычисления для различных значений ωt_0 (например $0, \frac{1}{6} \pi, \frac{2}{6} \pi, \frac{3}{6} \pi$ и т. д.), можно выяснить зависимость величины I_3 от момента изменения режима. Подобные вычисления были произведены нами для нескольких численных примеров, причем, как и следовало ожидать, оказалось, что величина начальной амплитуды экстратока почти не зависит от ωt_0 , т.е. от момента изменения самоиндукции колебательного контура.

Так как подробное рассмотрение этого вопроса не представляет практического интереса, то в дальнейшем мы ограничимся лишь приближенным, но совершенно достаточным для практических целей, вычислением средней (наиболее вероятной) величины I_3 .

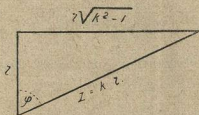
Гораздо существеннее зависимость величины I_3 (а следовательно и продолжительности переходного периода) от степени расстройки

колебательного контура. Под степенью расстройки k мы будем разумеать отношение резонансной силы тока I_r к силе тока $I_{ст}$, устанавливающейся по окончании переходного периода:

$$k = \frac{I_r}{I_{ст}} = \frac{\sqrt{r^2 + (\frac{1}{\omega C} - \omega L_1)^2}}{r} = \frac{z}{r} \quad (10)$$

Из черт. 5 очевидно, что

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}, \quad \cos \varphi = \frac{1}{k}, \quad \operatorname{ctg} \varphi = \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}}. \quad (11)$$



Черт. 5.

Далее, т. к. $\omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$ и $\beta \approx \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}$, то

$$\frac{\beta}{\omega} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}.$$

Поэтому уравнение (9) может быть приведено к виду:

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \frac{\cos \omega t_0 \cdot k}{\sqrt{k^2 - 1} (\cos \omega t_0 \cdot \cos \varphi - \sin \omega t_0 \cdot \sin \varphi)} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}} = \frac{\alpha}{\beta}$$

или, после преобразования,

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}} \left[\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \frac{k^2}{1 - \operatorname{tg} \omega t_0 \cdot \sqrt{k^2 - 1}} - \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \right] = \frac{\alpha}{\beta}. \quad (12)$$

Нетрудно видеть, что величина k зависит от разности самоиндукций $(L_2 - L_1)$, но не зависит от их отношения L_2/L_1 ; действительно:

$$k = \frac{I_r}{I_{ст}} = \frac{\sqrt{r^2 + (\frac{1}{\omega C} - \omega L_1)^2}}{r} = \sqrt{1 + \frac{\omega^2 (L_2 - L_1)^2}{r^2}}. \quad (13)$$

Следовательно, одна и та же величина k (т.е. одно и то же процентное уменьшение тока, при расстройке колебательного контура) может получаться при различных значениях $\frac{L_2}{L_1}$.

Очевидно, что, чем меньше будет емкость колебательного контура C , тем больше должно быть L_2 (при заданной угловой частоте генератора $\omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$), и следовательно, тем ближе к единице будут величины $\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ и $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$, соответствующие заданной величине k . Порядок величины $\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ и $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ выясним на численных примерах.

Пусть $\lambda = 10000$ мт; $\omega = 1,88 \cdot 10^5$; $C = 9000$ см $= 10^{-8}$ F; $r = 5 \Omega$. Находим: $\frac{1}{\omega C} \approx 532 \Omega = \omega L_2$; следовательно $L_2 = \frac{532}{1,88 \cdot 10^5} = 2,83 \cdot 10^{-3}$ H.

Пусть требуется получить $\frac{I_r}{I_{ст}} = k = 3$. Имеем:

$$\frac{\omega(L_2 - L_1)}{r} = \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{k^2 - 1},$$

откуда

$$\omega L_1 = \omega L_2 - r \sqrt{k^2 - 1} = 517,9 \Omega; L_1 = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ H};$$

$$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{2,82}{2,75}} = 1,0135; \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \approx 0,986.$$

Если в предыдущем примере положить $r = 10 \Omega$, то подсчет дает:

$$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \approx 1,025; \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \approx 0,975.$$

Если в том же примере положить $C = 18000$ см, $r = 10 \Omega$ и $k = 5$, то получим:

$$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \approx 1,11 \text{ и } \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \approx 0,9.$$

Таким образом, даже при значительных величинах r , C и k множители $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ и $\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$, входящие в ур-ние (12), мало отличаются от единицы. Поэтому в большинстве случаев это уравнение можно писать в следующем упрощенном виде:

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 \approx \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}} \left[\frac{k^2}{1 - \operatorname{tg} \omega t_0 \sqrt{k^2 - 1}} - 1 \right] - \frac{\alpha}{\beta}. \quad (14)$$

Для облегчения вычислений по формуле (12) или (14) можно пользоваться таблицей.

ТАБЛИЦА I.

k	k^2	$\sqrt{k^2 - 1}$	$\frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}}$	$\sin \varphi = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}$	φ
1,25	1,56	0,750	1,333	0,6	36°50
1,5	2,25	1,118	0,894	0,745	48°11
2	4	1,732	0,577	0,866	60°
2,5	6,25	2,291	0,436	0,916	66°25
3	9	2,828	0,353	0,942	70°30
4	16	3,873	0,258	0,968	75°31
5	25	4,899	0,204	0,979	78°28
6	36	5,916	0,169	0,986	80°25
8	64	7,937	0,126	0,992	82°50
10	100	9,95	0,1005	0,995	84°14
15	225	14,967	0,0668	0,9978	86°52
20	400	19,975	0,05006	0,9987	87°50

Пользуясь этой таблицей, нетрудно подсчитать величину $\operatorname{ctg} \varphi_1$ (по форм. 12 или 14) и определить затем $\sin \varphi_1$ и I_3 для любого численного примера, для любого значения ωt_0 и для любой степени расстройки k .

Однако, вычисление начальной амплитуды экстратока I_3 может быть значительно упрощено, если в уравнении (14) пренебречь величиной $\frac{\alpha}{\beta}$ (которая обычно весьма мала) и если кроме того не считаться с зависимостью I_3 от величины ωt_0 , т.-е. от момента изменения режима колебательного контура. В таком приближенном вычислении мы будем, следовательно, предполагать, что величина I_3 , вычисленная для какого либо одного определенного значения ωt_0 , сохраняет свое значение также и для любого другого значения ωt_0 .

Полагая например в уравнении (14) $\omega t_0 = 0$, т.-е. считая, что замыкание ключа и (черт. 3) происходит в момент нулевого напряжения на зажимах машины, найдем:

$$(\operatorname{ctg} \varphi_1) \approx \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}} [k^2 - 1] = \sqrt{k^2 - 1},$$

или, принимая во внимание соотношения (11),

$$(\operatorname{ctg} \varphi_1)_0 \approx \operatorname{tg} \varphi,$$

и следовательно

$$(\sin \varphi_1)_0 = \cos \varphi.$$

Подставляя в уравнение (5) $\cos \varphi$ вместо $\sin \varphi_1$, найдем:

$$I_3 \approx I_{\text{ст}} \operatorname{tg} \varphi = I_{\text{ст}} \sqrt{k^2 - 1}. \quad (15)$$

Далее, т. к. согласно (10) $I_{\text{ст}} = \frac{I_r}{k} = I_r \cos \varphi$, то уравнение (15) можно переписать в таком виде:

$$I_3 \approx I_r \sin \varphi = I_r \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}. \quad (15a)$$

Таково приближенное выражение, определяющее начальную амплитуду экстра-тока в зависимости от степени расстройки колебательного контура k . Этот экстра-ток, возникающий в момент изменения режима (т. е. в момент замыкания ключа u , черт. 3), будет совершать колебания в контуре r, L_1, C_1 с затуханием, свойственным этому контуру.

§ 6. Определение продолжительности переходного периода.

Под продолжительностью переходного периода τ в рассматриваемом случае можно разуметь промежуток времени, в течение которого амплитуда экстра-тока уменьшается от своей первоначальной величины $I_3 \approx I_{\text{ст}} \sqrt{k^2 - 1}$ до величины в n раз меньшей, чем амплитуда стационарного тока $I_{\text{ст}}$.

Если мы условимся вести счет времени от момента изменения режима, то закон убывания амплитуд экстра-тока выразится формулой:

$$I = I_3 \cdot e^{-\alpha \tau},$$

где $\alpha = \frac{r}{2L_1}$, а I величина амплитуды экстра-тока по истечении

1) Мы предполагаем все время, что $r < 2\sqrt{\frac{L_1}{C}}$.

времени τ с момента изменения режима. Продолжительность переходного периода τ может быть определена из уравнения:

$$I_3 e_n^{-\alpha\tau} = \frac{1}{n} I_{ст},$$

или же

$$I_{ст} \sqrt{k^2 - 1} \cdot e_n^{-\alpha\tau} = \frac{1}{n} I_{ст},$$

откуда

$$e_n^{\alpha\tau} = n \sqrt{k^2 - 1},$$

и следовательно

$$\tau = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln + (n \sqrt{k^2 - 1}) = \frac{2,302}{\alpha} \log (n \sqrt{k^2 - 1}). \quad (16)$$

Если условиться считать переходный период законченным, когда амплитуда экстра-тока уменьшилась до $\frac{1}{10} I_{ст}$ (т.-е. если положить в уравн. (16) $n = 10$), то

$$\tau = \frac{2,302}{\alpha} (1 + \log \sqrt{k^2 - 1}). \quad (16a)$$

При принятом нами определении продолжительности переходного периода ее следует считать равной нулю, в том случае, когда начальная амплитуда экстра-тока равна $\frac{1}{n} I_{ст}$, т.-е.

$$I_3 = I_{ст} \sqrt{k^2 - 1} = \frac{1}{n} I_{ст},$$

откуда

$$k = \sqrt{1 + \frac{1}{n}}.$$

Нетрудно убедиться, что при меньших значениях расстройки k продолжительность переходного периода τ , подсчитанная по формуле (16) будет иметь отрицательные значения; в пределе, при $k = 1$, мы получим $\tau = -\infty$. Такой результат получается, потому что при выводе формулы (16) мы совершенно условно считали переходный период законченным, когда амплитуда экстра-тока уменьшилась до некоторой конечной величины (равной $\frac{1}{n} I_{ст}$), а не до нуля.

Если за продолжительность переходного периода считать промежуток времени, в течение которого амплитуда экстра-тока уменьшается от своей первоначальной величины ($I_3 = I_r \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}$) до величины в n раз меньшей, чем амплитуда тока при резонансе I_r , то для определения τ мы будем иметь уравнение:

$$I_3 \cdot e_n^{-\alpha\tau} = \frac{1}{n} I_r,$$

или

$$I_r \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k} \cdot e_n^{-\alpha\tau} = \frac{1}{n} I_r,$$

откуда

$$e_n^{-\alpha\tau} = \frac{n}{k \sqrt{k^2 - 1}}; \quad \tau = \frac{2,302}{\alpha} \log \left(\frac{n}{k \sqrt{k^2 - 1}} \right). \quad (18)$$

Если положить $n=10$, то

$$\tau = \frac{2,302}{\alpha} \left[1 + \log \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k} \right]. \quad (18a)$$

При таком определении продолжительности переходного периода придется считать ее равной нулю в том случае, когда начальная амплитуда экстра-тока будет равна $\frac{1}{n} I_r$, т.е.

$$I_3 = I_r \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k} = \frac{1}{n} I_r,$$

откуда

$$k = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}}. \quad (19)$$

При меньших значениях расстройки k продолжительность переходного периода, подсчитанная по формуле (18), будет отрицательна.

Следует иметь в виду, что при очень больших значениях расстройки k формулы (15 и 15a), определяющие начальную амплитуду экстра-тока, могут давать значительную ошибку. Так например, при $\lambda = 10000$ м, $r = 5 \Omega$, $C = 9000$ см и при $k = 30$ по приближенной формуле (15a) получается:

$$I_3 = I_r \sin \varphi = I_r \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k} \approx I_r.$$

Вычисление I_2 по точным формулам дает следующие результаты. Если изменение режима происходит в момент, когда $\omega t = 0$, то по формуле (12) найдем:

$$\operatorname{ctg} \varphi_1 \approx 35,4; \sin \varphi_1 \approx 0,0282;$$

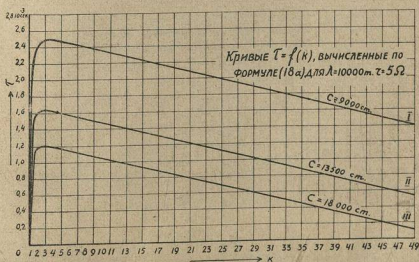
далее из уравнения (5) найдем: $I_2 = 1,18 I_r$.

Таким образом, вычисляя начальную амплитуду экстра-тока по приближенной формуле (15а), мы делаем в этом случае ошибку приблизительно в 15%. Что же касается продолжительности переходного периода, то при вычислении ее по нашим приближенным формулам, например (18а), ошибка получается все же небольшая. Так для предыдущего примера формула (18а) дает:

$$\tau \approx 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ сек};$$

если же принять во внимание точное значение начальной амплитуды экстра-тока ($I_2 = 1,18 I_r$) и ввести соответствующую поправку в формулу (18а), то получим $\tau \approx 2 \cdot 10^{-3}$ сек. Следовательно ошибка составляет в этом случае около 6%. Для других значений ωt_0 ¹⁾ (например, для $\omega t_0 = \frac{\pi}{4}$ или $\frac{\pi}{2}$) эта ошибка получается значительно меньше.

Ниже мы приводим ряд кривых, построенных на основании формулы (18а) для нескольких численных примеров и дающих зависимость продолжительности переходного периода τ от степени расстройки k , от постоянных контура r и C и от длины волны λ , соответствующей заданной угловой частоте альтернатора ω .



Черт. 6.

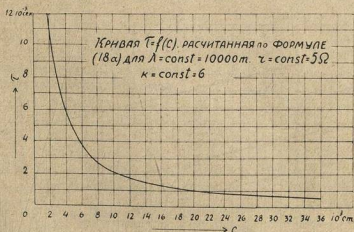
1) Т.-е. для других моментов изменения режима контура.

На черт. 6 представлены кривые $\tau = f(k)$, вычисленные для трех случаев, отличающихся только величиной емкости колебательного контура; ваттное сопротивление контура и длина волны (частота альтернатора) во всех этих случаях одинаковы: $r = 5 \Omega$ и $\lambda = 10000 m$. Как явствует из формулы (19), при $k = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{10}{\sqrt{99}} \approx 1,005$ продолжительность переходного периода τ , вычисленная по формуле (18а), равна нулю. При увеличении k свыше 1,005 величина τ быстро возрастает при некотором значении k , в нашем случае от 2,5 до 3, величина τ достигает максимума; при дальнейшем увеличении расстройки k , величина τ начинает уменьшаться.

По мере увеличения k , т.е. по мере уменьшения остающейся в контуре самоиндукции L_1 , мы приближаемся к предельному случаю, когда контур r, L_1, C перестает быть колебательным, т.е. к условию $L_1 = \frac{r^2 C}{4}$ (или $r = 2 \sqrt{\frac{L_1}{C}}$). При столь малом значении L_1 величина α , равная $\frac{r}{2L_1}$, становится очень большой, а величина $\frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}$ в формуле (18а) — весьма близкой к единице; вследствие этого величина τ , вычисленная по этой формуле, оказывается близкой к нулю¹⁾.

При $k < 1,005$ значения τ , подсчитанные по формуле (18а), отрицательны (на чертежах не показаны); по мере приближения k к единице вычисленная величина τ стремится к пределу $-\infty$, о чем уже упоминалось выше.

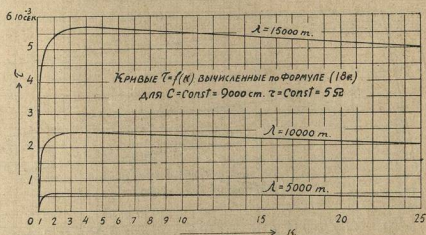
Из сравнения кривых черт. 6 видно, что с увеличением емкости контура (при постоянной частоте и сопротивлении) продолжительность



Черт. 7.

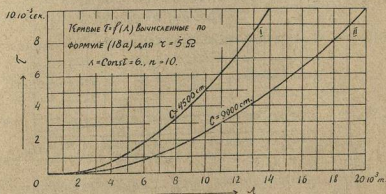
¹⁾ Разумеется, практически, если источник эдс, питающий колебательный контур L, r, C (черт. 3), обладает значительной собственной самоиндукцией, то контур может оставаться периодическим даже при замыкании накоротко ключем и всей внешней самоиндукции

переходного периода уменьшается. Характер этого уменьшения представлен на черт. 7, где приведена кривая $\tau = f(C)$, вычисленная по формуле (18a) для постоянной расстройки $k = \frac{I_r}{I_{ст}} = 6$ и для $\lambda \cdot const = 10000$ мт и $r = 5 \Omega$.



Черт. 8.

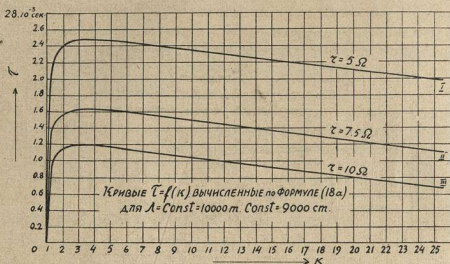
На черт. 8 изображены кривые, выражающие зависимость величины τ от степени расстройки k при $C = const = 9000$ см и $r = const = 5 \Omega$, для различных значений длины волны ($\lambda = 15000$ мт; 10000 мт и 5000 мт). Из сравнения этих кривых видно, что с уменьшением длины волны (при $C = const$), величина τ быстро уменьшается.



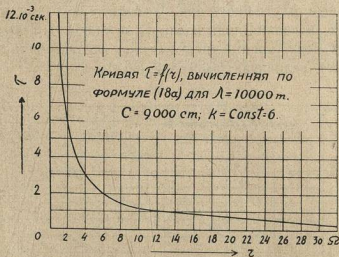
Черт. 9.

На черт. 9 приведены кривые, дающие зависимость продолжительности переходного периода τ от длины волны λ . При вычислении этих кривых по формуле (18a) предполагалось, что расстройка $k = const = 6$, $r = const = 5 \Omega$, и что емкость контура также постоянна (4500 см для кривой I и 9000 см для кривой II). В этом случае, следовательно, при

изменении длины волны (т.е. угловой частоты ω питающей эдс) полная самоиндукция контура L , определялась всякий раз на основании условия настройки контура в резонанс: $\omega L_2 = \frac{1}{\omega C}$.



Черт. 10.

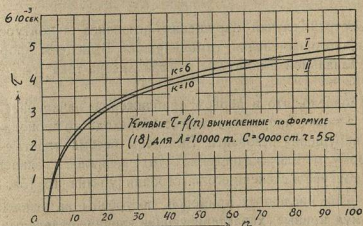


Черт. 11.

Кривые черт. 10 и 11 характеризуют влияние ваттного сопротивления контура τ на продолжительность переходного периода. С уменьшением τ величина τ быстро возрастает, стремясь к бесконечности.

Все приведенные кривые, как уже сказано, вычислены по формуле (18а), т.е. в предположении, что $n=10$ или, другими словами, что переходный период считается законченным в тот момент, когда амплитуда

экстра-тока уменьшилась до величины, равной $\frac{1}{n} I_r = \frac{1}{10} I_r$. Конечно, такое определение τ является условным. Оно основано на том соображении, что при уменьшении амплитуды экстра-тока до $1/10 I_r$, энергия экстра-тока составляет всего $1/100$ того количества энергии, которое было сосредоточено в колебательном контуре до момента нарушения резонанса. Разумеется, если изменять значение n в формуле (18), то будет изменяться и величина τ , определяемая этой формулой.



Черт. 12.

Чем больше мы выберем n , тем больше будет вычисленная величина τ . На черт. 12 приведены кривые $\tau = f(n)$, дающие зависимость вычисленной по формуле (18) величины τ от выбранного значения n , при $\lambda = \text{const} = 10000 \text{ мт}$; $r = \text{const} = 5 \Omega$ и при постоянной величине расстройки ($\kappa = 6$ для кривой I и $\kappa = 10$ для кривой II).

Очевидно, что формула (18) будет давать для величины τ значение, равное нулю при $n = \frac{k}{\sqrt{k^2 - 1}}$. Соответственно с этим на черт.

12 кривая I начинается в точке, соответствующей $n = \frac{6}{\sqrt{35}} \approx 1,0142$,

а кривая II—в точке, соответствующей $n = \frac{10}{\sqrt{99}} \approx 1,005$. При постепенном увеличении n вычисленная величина τ возрастает сначала весьма быстро, а затем все медленнее и медленнее. Полагая в формуле (18) $n = \infty$, мы найдем, что теоретическая продолжительность переходного периода (т.е. промежуток времени, в течение которого амплитуда экстра-тока спадает до нуля) равна бесконечности.

С О Д Е Р Ж А Н И Е.

1. Рассмотрен случай включения контура r , L , C , настроенного в резонанс на частоту питающего альтернатора.

2. Выяснена зависимость начальной амплитуды экстра-тока от момента включения и от затухания контура [уравнение (10), а также (11—14) в § 3].

3. Выведены формулы для вычисления продолжительности переходного периода, т.е. периода нарастания амплитуд [уравнения (17) и (17a) в § 4].

3. Рассмотрен случай нарушения резонанса в контуре r , L , C путем мгновенного изменения самоиндукции. Выведены формулы для вычисления начальной амплитуды и фазы экстра-тока [уравнения (5, 12 и 14) в § 5].

4. Установлено, что в первом приближении начальная амплитуда экстра-тока, а также продолжительность переходного периода не зависят от момента нарушения резонанса. Выведены весьма простые приближенные формулы для вычисления этих величин в зависимости от постоянных контура и степени его расстройки [уравнения (15, 15a, 18a) в § 6].

5. Для ряда численных примеров построены на основании выведенных формул кривые, характеризующие влияние отдельных факторов на продолжительность переходного периода (черт. 6—12).

Радиоотдел Государственного
Экспериментального Электротехнического
Института.

Москва, Гороховская 23.

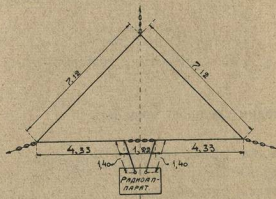
Радиотелефонирование с замкнутыми антеннами.

П. В. Шамаков.

1. **Задача.** Во многих случаях радиотехнической практики встречается необходимость передачи и приема с антенной в виде замкнутого контура. Госуд. Экспер. Эл. Институтом была поставлена задача разработки такого вопроса, причем требовалось с небольшими мощностями и небольшими, сравнительно, замкнутыми антеннами покрыть радиотелефонной передачей расстояние в 5 км.

2. **Антенна.** Как для передачи, так и для приема, антенна была взята в виде треугольника из одного витка, расположенного в горизонтальной плоскости. Размеры его (черт. 1) следующие: основание 9,88 метра и каждая боковая сторона по 7,12 м.

Статическая емкость такой рамки из бронзового канатика радиусом 1 мм, измеренная мостом Циклинского¹⁾, оказалась равной 95 см.



Черт. 1.

Динамическую емкость измерить не удалось, но, принимая грубо ее за 90% статической, приближенно будем иметь $C_d = 85$ см. Динамическая самоиндукция рамки, измеренная методом Behnken'a²⁾, оказалась равной 46780 см.

Для определения излучаемой мощности и сопротивления излучения воспользуемся формулами проф. Шулейкина, выведенными для замкнутого контура (рис. 2), расположенного в плоскости ZX , в предположении, что окружающий диэлектрик обладает постоянными: σ — проводимость = 1, ϵ — диэлектрическая постоянная = 1, μ — магнитная проницаемость = 1.

Для определения излучаемой мощности возьмем выражение для мощности W , проходящей через шаровой пояс радиуса r , площадь которого ds :

¹⁾ Н. Н. Циклинский. „Радиотехник“, 204—209. № 7. 1919.

²⁾ Rein-Wirtz. Radioteleg. Praktikum. 1922.

$$W = \int_0^s P ds; \quad (1)$$

$$ds = 2\pi r^2 \sin \Theta d\Theta. \quad (2)$$

P —вектор Пойнтинга, для данного случая равный

$$P = \frac{M^2 v m^4}{4\pi r^2} \sin^2 \Theta \cos^2 (mr - nt), \quad (3)$$

где M —слагающая напряжения магнитного поля на ось Y , v —скорость света, $m = \frac{2\pi}{\lambda}$ и $n = \frac{2\pi}{T}$.

Следовательно

$$W = \int_0^\pi \frac{1}{2} M^2 v m^4 \sin^3 \Theta \cos^2 (mr - nt) d\Theta, \quad (4)$$

или

$$W = M^2 v m^4 \frac{2}{3} \cos^2 (mr - nt). \quad (5)$$

Отсюда находим среднюю мощность

$$W_z = \frac{16\pi^4 M^2 10^{10}}{\lambda^4} \text{ CGS}_{\text{p}}. \quad (6)$$

Из эквивалентности магнитного листка и витка, обтекаемого током, следует, что мы можем заменить наш контур некоторым магнитным моментом

$$M = Is, \quad (7)$$

где s —площадь рамки, I —амплитуда тока. Принять равенство (7) мы можем только в случае, когда ток в витке квазистационарен. В действительности же этого нет, ток в излучающем замкнутом контуре распределен неравномерно, а потому нашими рассуждениями можно пользоваться только в первом приближении.

Введем выражение (7) в формулу (6) и перейдем к практическим единицам. Имеем

$$W_z = \frac{160\pi^4 I^2 s^2}{\lambda^4} \text{ ватт}. \quad (8)$$

Такова мощность излучения рамки. Для случая диполя в свободном пространстве при условии, что нижняя часть диполя есть зеркальное изображение, излучаемая мощность будет

$$W_d = \frac{80 \pi^2 h^2 I^2}{\lambda^2}. \quad (9)$$

Из уравнений (8) и (9) следует, что излучающие диполь и замкнутый контур будут эквивалентны, если

$$\frac{2 \pi^2 s^2}{\lambda^2} = h^2. \quad (10)$$

Откуда выражение $\sqrt{2 \frac{\pi s}{\lambda}}$ (грубо: $4,4 \frac{s}{\lambda}$, или $15 \cdot 10^{-6} s \cdot f$, где f — частота) мы можем назвать действующей высотой рамки.

Сопротивление излучения для замкнутого контура найдем из выражений:

$$W_z = \frac{I^2 R_z}{2}; \quad (11)$$

$$R_z = \frac{2 W_z}{I^2} = 320 \pi^4 \frac{s^2}{\lambda^4}. \quad (12)$$

В таблице 1 приведены сравнительные данные для $\lambda = 600$ мт, 250 мт и 100 мт величин h_d , R_z и W_z для нашей рамки, имеющей площадь $s = 25,34$ кв. мт. При $\lambda = 250$ мт сила тока в антенне $I_{\text{ант}} = 2,5$ амп; при $\lambda = 100$ мт $I_{\text{ант}} = 1$ амп и при $\lambda = 600$ мт $I_{\text{ант}} = 4$ амп.

ТАБЛИЦА 1.

λ в мт	$I_{\text{ант}}$ в амп	h_d в мт	R_z в омах	W_z в ваттах
600	4,0	0,086	0,0002	0,0032
250	2,5	0,446	0,0051	0,0319
100	1,0	1,115	0,2002	0,2002

Отсюда видно, что при более коротких волнах, хотя ток в антенне и уменьшается, излучаемая мощность значительно возрастает.

3. Передатчик. Полагая, что расстояние в 5 км между станциями с замкнутыми контурами можно покрыть радиотелефонной связью при

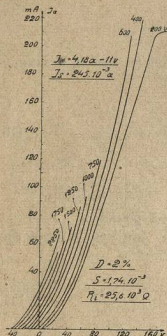
лампах в 150 w, эта мощность и была принята за исходную. Но на русском рынке лампы такой мощности имеются только Нижегородской Радиолaborатории типа ГИ.1, требующие для анодного питания 2000 вольт постоянного тока. Все предварительные опыты с передачей были

произведены с лампами в 150 w типа ГИ.1; семейство статических характеристик одной из них и все электрические данные приведены на черт. 2. Так как вопрос передачи с замкнутыми контурами не достаточно разработан, то оказались некоторые трудности, чтобы возбудить такую антенну короткой, сравнительно, волной. Волна была выбрана в 250 метров с тем, чтобы не строить специального приемника, а воспользоваться немецким E.266-е на его нижнем пределе.

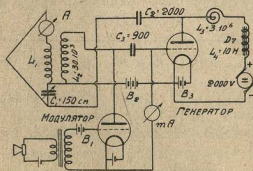
Наилучшие результаты были получены с генераторной схемой, представленной на черт. 3. На волне 250 мт при одной 150 w лампе типа ГИ.1 ток в антенне достигал 2,5 ампер. Питание анода происходило от 500 периодной машины через систему трансформатор-выпрямитель-фильтр.

Первое время применялась модуляция по методу грид-лика (черт. 3). Модулятором служили две усилительные лампы в параллель (Нижегородской Радиолaborатории, тип УА.4).

Лучшие результаты модуляции по слышимости были получены по приведенной схеме черт. 3 при следующих данных: сеточный конденсатор $C_3 = 900$ см, добавочный потенциал на сетке модулятора = — 30 V,



Черт. 2.

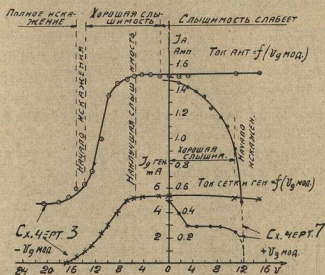


Черт. 3.

накал модулятора = 1,2 амп, анодное напряжение модулятора (бат. B_2) = + 60 V, накал генератора = 4 амп, анодное напряжение генератора = 1700 V, число витков микрофонного трансформатора: первичная обмотка — 100, вторичная обмотка — 7000.

Речь была громко и отчетливо слышна на расстоянии, примерно, 5—6 км. Прием происходил в Институте Народного Хозяйства имени К. Маркса на вышеописанную рамку, аудион Телефункена Е.266-е и усилитель 3тер.

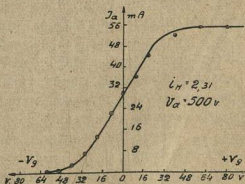
В схеме модуляции по методу грид-лика, как известно, ответственную роль играет сеточный конденсатор C_3 . При этом, когда моду-



Черт. 4.

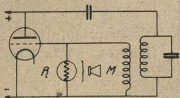
лятор не зажжен, энергии в контуре не должно быть. Но в силу несовершенства изоляции креплений и монтажа ламп некоторая энергия в контуре остается и при потушенном модуляторе, что свидетельствует именно о некоторой утечке. А так как здесь модуляция основана на изменении сопротивления утечки, т.е. сопротивления модуляторной лампы, то эта остаточная энергия никак не может быть смодулирована.

На черт. 4 (левая половина) представлена кривая модуляции по методу грид-лика, с указанием пределов изменения потенциала сетки модулятора для хорошей слышимости. Кривая снята при схеме с двумя 50 w лампами Чернышева в генераторе (в параллель) и двумя усилительными лампами типа „М“ Треста Слабых Токов в модуляторе. Статическая характеристика 50 w лампы дана на черт. 5. Показателем глубины модуляции по этому методу может служить миллиамперметр, включенный в цепь сетки генератора, показания которого для данного случая также приведены на черт. 4. Он следит за колебаниями тока сетки генераторной лампы при модуляции.



Черт. 5.

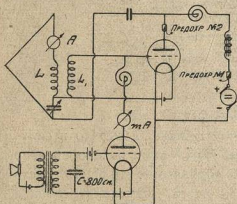
Чтобы избежать влияния сеточного конденсатора C_3 , схема грид-лика была упрощена, а именно: в цепь сетка-нить генератора включалось переменное сопротивление R без конденсатора (черт. 6). Изменяя это сопротивление воздействием микрофона M , можно управлять потенциалом сетки генератора, а следовательно, и энергией колебательного контура. Чем меньше это сопротивление утечки R , тем меньше энергия в контуре, и наоборот.



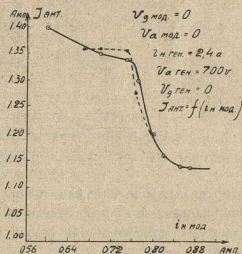
Черт. 6.

Здесь роль сопротивления утечки до известной степени обратна его роли в предыдущей схеме.

Переменным сопротивлением в схеме утечки служила модуляторная лампа (черт. 7). Ясно, что максимальная энергия в контуре будет при потушенном модуляторе; когда



Черт. 7.



Черт. 8.

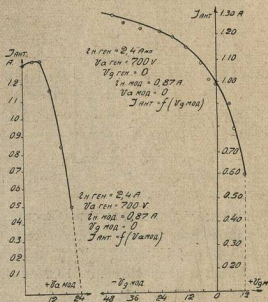
же модулятор горит, то энергия уменьшится и тем больше, чем больше его накал. Следующий ряд кривых характеризует режим описываемой схемы модуляции. Черт. 8 дает зависимость силы тока в антенне от величины накала модулятора (при нуле добавочного напряжения на сетке и нуле анодного напряжения модулятора). Это для случая, когда в схеме черт. 7 в качестве генератора была одна 50 w лампа Чернышева и модулятором—одна лампа типа „М“ Треста. Из кривой видно, что проводимость модуляторной лампы не достигала той величины, чтобы довести энергию в антенне до нуля. Черт. 9 дает зависимость силы тока в антенне от величины напряжения на сетке модулятора при $i_{n \text{ мод.}} = 0,87$ амп, $V_{a \text{ мод.}} = 0$, $i_{n \text{ ген.}} = 2,4$ амп. Эта кривая напоминает кривую, получающуюся при методе модуляции на сетку. Дальше, на черт. 10 изображена кривая зависимости силы тока в антенне от величины анодного напряжения модулятора при $i_{n \text{ мод.}} = 0,87$ амп, $V_{g \text{ мод.}} = 0$ и $i_{n \text{ ген.}} = 2,4$ амп.

Слышимость и чистота передачи с этой схемой модуляции ни

в чем не уступали при прочих равных условиях передачи со схемой грид-лика. На черт. 4 изображена кривая модуляции, снятая при тех же условиях, как и для схемы грид-лика.

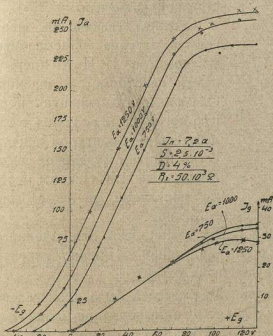
Между прочим отметим, что во время работы с лампами Чернышева в 50 w произошел взрыв такой лампы. Работа происходила со схемой черт. 7. Лампа, о которой идет речь, как замечалось раньше, иногда давала газ; нить значительно была прогнута к сетке, которая в свою очередь была весьма прогнута в сторону цилиндра.

Сила взрыва была весьма значительная. Стекло лампы разлетелось на мелкие части. Лампу выбросило из гнезд подставки. Нить перегорела. Остальные электроды и подержки их были развернуты и помяты. Стекланная стойка,



Черт. 10.

Черт. 9



Черт. 11.

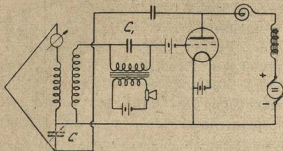
поддерживающая сетку, поломана, и контакт сетки у стекла расплавился. Намотка катушек L и L_1 у общего конца сташена с болванки (катушки намотаны одна на другую с деревянным сердечником). Предохранитель № 1 на один ампер перегорел, что спасло машину от короткого замыкания.

Так как с лампами Чернышева в 50 w не удалось покрыть 5 км расстояния с рамками, то в дальнейшем работа в Институте Народного Хозяйства велась со 150 w лампой, изготовленной Вакуумным Отделом ГЭИ (бывш. ГОФТИ). Расчетана она была на анодное напряжение в 1000 вольт, что

соответственно вызвало увеличение тока накала до 7,2 ампера. Статическая характеристика этой лампы представлена на черт. 11.

Первоначальное испытание этой лампы было произведено в простой

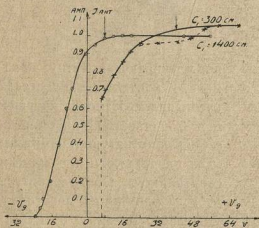
схеме модуляции на сетку (черт. 12). При тщательной регулировке схемы получалась хорошая слышимость на расстоянии 5 км. Так как на чистоту речи имел влияние конденсатор C_1 , шунтирующий вторичную обмотку микрофонного трансформатора, то оказалось, что для



Черт. 12.

хорошей модуляции для каждой емкости C_1 требуется разное добавочное напряжение на сетку генератора, напр. при $C_1 = 1900$ см, $V_g = 0$; $C_1 = 1400$ см, $V_g = +8$ В; $C_1 = 1150$, $V_g = +15$ В; $C_1 = 300$ см, $V_g = +40$ и т. д. На черт. 13 даны две кривых модуляции при различных C_1 .

Лучшая слышимость всегда была при добавочном потенциале V_g , соответствующем сгибу кривой (на черт. стрелкой). отмечено



Черт. 13.

С целью увеличения энергии в антенне описываемая установка в И Н Х претерпела некоторые изменения. Оказалось, что большую энергию можно было получить с колебательным контуром в цепи сетки и при индуктивной связи с антенной. Что касается метода модуляции, то легче было

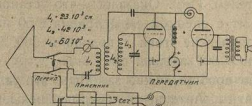
смодулировать в данном случае по схеме Хисинга.

В то же время с установкой в ГЭИ можно было для заданного расстояния пойти на упрощение схемы модуляции, а именно: перейти с метода грид-лика к системе модуляции на сетку.

4. Результаты. Перед специальной комиссией была произведена демонстрация взаимного радиотелефонного разговора при замкнутых антеннах на волне 250 мт между ГЭИ и ИНХ ($l \approx 5$ км) в Москве.

Схема приемно-передающей установки в ИНХ со всеми ее данными представлена на черт. 14. В генераторе была 150 w лампа ГОФТИ, а так как другие лампы этого типа к демонстрации не были изготовлены, то в качестве модулятора пришлось использовать две лампы

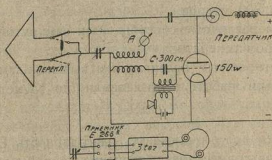
в параллель по 10 w Треста Слабых Токов. Это обстоятельство несоответствия ламп в генераторе и модуляторе, конечно, значительно понижало работоспособность данной установки. Кроме того, здесь имелась машина постоянного тока, дающая только до 700 V напряжения. По-



Черт. 14.

этому генераторная лампа, рассчитанная на 1000 V, работала при неполной отдаче, и колебательный ток в антенне не превышал 2 амп. Но, несмотря на это, все же передача разговора была ясной и достаточно громкой, правда, при тщательной регулировке как приемной, так и передающей установок.

Схема приемно-передающей установки изображена на черт. 15.



Черт. 15.

Тут же приведены и все данные этой установки. Ток в антенне этой установки на волне 250 мт был 2,5 амп. Передача была вполне уверенной.

Между прочим в этих работах выяснялся также вопрос и о направлении полей. С этой целью передающая и приемная замкнутые антенны располагались одновременно или в горизонтальной плоскости, или во взаимноперпендикулярных плоскостях. При этом обе антенны могли быть направлены одна к другой тем или другим ребром. Можно сказать, что направленного действия данной замкнутой антенны в таком близком соседстве земли, при котором производилась работа, обнаружено не было.

Кроме того была произведена инж. Радио-отдела ГЭЭИ, А. Я. Магнусевским пеленгация установки ИНХ. Пеленгирующая рамка, установленная в ГЭЭИ, имела вращение как около вертикальной, так и горизонтальной осей. При этом было установлено, что слышимость не

изменялась при прохождении рамки через меридианные плоскости, а также и перпендикулярные к ним.

При пеленгации были произведены измерения силы приема по методу параллельных омов (прием на квадратную рамку в 2 метра в стороне с усилителем 3 ter). Оказалось, что установка ИНХ, работающая на волне 330 мт с оценкой силы приема в 50 паралл. омов, имела еще низшие гармонические тона с волной в 560, 980 и 1330 мт при оценке слышимости в 800 паралл. ом.

О силе приема вообще нужно заметить, что условия работы были не совсем благоприятны. Антенны были подвешены на уровне второго этажа, и волна в 200—300 метров является уже короткой для Московских условий работы среди высоких зданий.

5. Заключение. По радиотелефонной связи с замкнутыми антеннами было сделано:

- а) Разработана и осуществлена схема передачи с замкнутой антенной.
- б) Испытаны различные схемы модуляции (на сетку, Хисинга, метод грид-лика с конденсатором и без него, схемы с усилением) применительно к работе короткими волнами на антенну-рамку.
- в) При выбранной антенне-рамке была осуществлена работа на волнах от 100 до 800 метров.
- г) Испытаны различные способы связи замкнутой антенны с колебательным контуром генератора.
- е) Прделаны опыты пеленгации и выявления полей замкнутых плоских антенн при работе вблизи земли (до 15 метров над землей).

Считаю своим долгом высказать благодарность Радиолaborатории Инст. Нар. Хоз. за совместное выполнение данной работы и предоставление некоторых аппаратов и приборов, проф. М. В. Шулейкину за советы во время опытов и студенту Инст. Нар. Хоз. И. Ф. Мирошникову за помощь в работе.

Москва.

Гос. Экспер. Электрот. Инст.

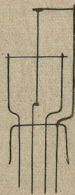
15 октября 1925 г.

Исследование термоэлектродвижущих сил термопар $W-Ta$ и $W-Mo$ при высоких температурах.

С. Моругиной.

Пирометрический способ измерения высоких температур не дает полной гарантии в том, что измерения производятся правильно, потому что не всегда известны коэффициенты, входящие в формулу излучения. Необходим какой либо другой контрольный способ измерения высоких температур. Б. А. Остроумов предложил мне под его руководством заняться исследованием термоэлементов, являющихся пригодными для вышеупомянутой цели.

Материалами для таких термоэлементов могут служить только самые тугоплавкие металлы W , Mo и Ta . Из них и были изготовлены термоэлементы. Так как накаливание волосков в воздухе влечет за собой их сгорание, то необходимо было поместить спай термоэлемента в вакуум. На ножке от усиленной лампы УА Нижегородской Радиолaborатории укреплялись два волоска, один в вертикальном положении из W , другой в горизонтальном из Ta или Mo ; получалась форма креста, как показано на черт. 1; середина креста и была местом спая термоэлемента. Такая ножка впаивалась в стеклянный баллон от той же лампы, из которого выкачивался воздух насосом Лангмюра. Откачка производилась с натрием, и вакуум достигался такого же порядка, как в лампах Нижегородской Радиолaborатории.



Черт. 1.

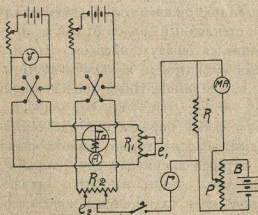
Принципиальная схема определения эдс термопары заключалась в следующем. Каждый волосок термоэлемента накаливался от отдельной изолированной батареи аккумуляторов. Вторым волоском необходимо было накаливать для того, чтобы избежать утечки тепла через спай в него из первого волоска и таким образом обеспечить равномерность накала первого волоска в месте спая. Параллельно каждому волоску было введено по потенциометру, на которых можно было найти точки, имеющие потенциалы равные потенциалу спая. Не вводя потенциометров, а производя измерения у вводов термоэлемента, было бы невозможно точно определить эдс спая, так как вдоль каждой нити существует падение напряжения, которое складывается с этой эдс. Тогда как на каждом потенциометре можно найти такую точку, потенциал которой, обусловленный батареей накала, будет как раз равен потенциалу спая. Иначе говоря, две такие точки на обоих потенциометрах и спай должны всегда находиться при одном и том же потенциале, независимо от тока накала и от обусловленного им падения потенциала вдоль волосков.

Если же между этими точками все же обнаружится разность потенциалов, то она будет уже происходить от эдс термоэлемента, заряжающей один волосок вместе со связанным с ним потенциометром и батареею до несколько иного потенциала, чем другой волосок и приборы, соединенные с ним. Если сдвигать ползуны одного потенциометра или обоих вместе так, что между ними и спаем появится некоторая разность потенциалов, обусловленная током накала, то эту разность потенциалов можно будет подобрать так, что она будет компенсировать эдс спая при определенном направлении тока накала. При перемене же его она прибавится к последней, и между ползунами получится напряжение равное удвоенной термоэлектродвижущей силе.

Если обозначить падение напряжения на нити вольфрама через e , на нити тантала e' , на одном потенциометре от конца до ползуна e_1 , на другом e_1' , термоэлектродв. силу спая x , то для случая эдс спая, компенсированной передвижением ползунотв потенциометров, можно написать уравнение

$$e - e_1 + e' - e_1' + x = 0. \quad (1)$$

При перемене направления тока накала все значения, кроме x , входящие в уравнение (1), переменят свои знаки, и термоэлектродвижущая сила спая окажется не компенсированной, а увеличенной за счет тока накала.



Черт. 2.

Получается второе уравнение

$$e_1 - e + e_1' - e' + x = a, \quad (2)$$

где величину a можно измерить при помощи обычной компенсационной схемы с нуль инструментом.

Из уравнений получается $x = \frac{a}{2}$.

Схема, по которой производились измерения, изображена на черт. 2.

В цепь волоска из W были введены вольтметр Вестона и амперметр Сименса, позволяющие мерять напряжение и силу тока с точностью 10^{-2} ; R_1 и R_2 потенциометры. Каждый из них оказалось полезным снабдить двумя ползунами, скрепленными между собой и передвигающимися вместе. Витки, заключающиеся между ними, были замкнуты тонкими струнами l_1 и l_2 с ртутными неразмыкающимися контактами, позволяющими очень точно следить за падением потенциала вдоль потенциометра, подобно тому, как это обычно делается в компенсационных приборах.

Γ —зеркальный гальванометр Гартмана и Брауна (чувствительности $0,3 \cdot 10^{-6}$ вольта), применявшийся в качестве нуля инструмента. R —сопротивление, взятое на магазине сопротивлений Гартмана и Брауна № 9624. MA —нормальный милливольтамперметр Брауна № 741589, включенный в компенсационную схему для определения величины a в ур-нии (2).

В цепь каждого волоска было включено по ртутному переключателю для изменения направления тока накала.

Измерения производились в следующем порядке. Волосок вольфрама накаливался сначала слегка, до красного каления; место спая оказывалось меньше накалено, чем остальная часть волоска; тогда накаливанием другого волоска достигалась равномерность накала всей нити. Определение на глаз равномерности накала оказалось недостаточным, нужен был какой либо оптический способ. За неимением ничего более подходящего, пришлось воспользоваться ручным спектроскопом с объективом от микроскопа, установленным так, чтобы в щель спектроскопа попадало изображение вертикального волоска. Когда место спая было нагрето слабее остальной нити, то в середине спектра получалась темная полоса, расширенная в фиолетовой части и суживающаяся к красной. Исчезновение этой полосы по мере подкаливания поперечной нити указывало на возрастание равномерности накала. После установления равномерности накала при нажатом ключе K устанавливался на нуль гальванометр Γ передвижением ползунков потенциометров R_1 и R_2 . Когда это было достигнуто, размыкался ключ K и перевертывались переключатели. Тогда гальванометр оказывался не на нуле, и установка его на нуль производилась при помощи компенсационной схемы, состоящей, как показано на черт. 3, из сопротивления R , миллиамперметра MA , потенциометра P и батареи B . Записывались показания вольтметра V , амперметра A и нормального милливольтамперметра MA .

Затем переключатели возвращались в прежнее положение, увеличивался накал волосков, и снова производилась та же операция. Такие наблюдения продолжались до перегорания волоска.

Наблюдения производились с несколькими термоэлементами для получения более устойчивых результатов. Всего было изготовлено годных для наблюдений термоэлементов три из W и Ta и три из W и Mo . Диаметр всех волосков был одинаков 0,05 мм, длина же их была разная. Некоторые из изготовленных термоэлементов оказались негодными

для наблюдений, так как при работе с ними точки располагались бес-
порядочно. Это можно было объяснить плохим спаем середины креста.

Обработка наблюдений заключалась в определении температуры для каждого отсчета по шкале Лангмюра. Вычислялись ватты, приходящиеся на один квадратный сантиметр поверхности волоска вольфрама. Длина и диаметр волоска измерялись заранее, а по этим данным вычислялась поверхность его в см^2 . При вычислениях были введены поправки на охлаждение вводов, заключающиеся в том, что длина волоска бралась на два миллиметра меньше измеренной. Правильность такой поправки была проверена следующим опытом. Были взяты два термоэлемента с волосками из вольфрама одного диаметра, но разной длины (50 мм и 20 мм) с одинаковым устройством вводов. При накаливании их одинаковой силой тока, определялась разность потенциалов у них на концах. Это позволяло вычислить падение потенциала на единицу длины накаливаемого волоска. Отсюда легко было определить и ватты на см^2 . Совпадение полученных таким образом ватт на см^2 с ваттами, полученными при расчете для каждого волоска с поправками на охлаждение, подтвердили правильность вводимой поправки.

Ватты на см^2 поверхности волоска давали по шкале Лангмюра соответствующую температуру в градусах Кельвина, которые переводились в градусы Цельсия.

Результаты измерений с термпарой № 1 даны в таблице 1.

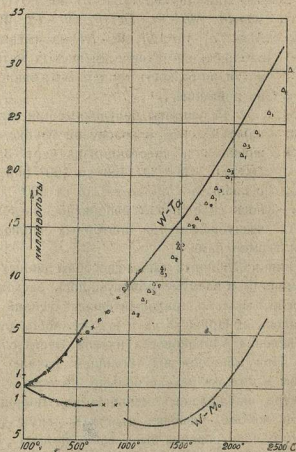
ТАБЛИЦА 1.

$W - Ta$, $l = 50$ мм, $d = 0,05$ мм.

Вольты накала	Амперы накала	a в милли- вольтах	Ватты	$T^{\circ}K$	$T^{\circ}C$	x в милли- вольтах
			см^2			
1,55	0,20	16,4	4,12	1410	1140	8,2
2,24	0,25	22,2	7,43	1580	1310	11,1
3,20	0,30	26,4	12,70	1750	1480	13,2
4,20	0,35	32,0	19,50	1920	1650	16,0
5,37	0,40	36,0	28,50	2070	1800	18,0
6,50	0,45	40,0	38,80	2200	1930	20,0
7,90	0,50	44,0	52,40	2350	2080	22,0
9,28	0,55	48,2	67,70	2490	2220	24,1
10,80	0,60	52,0	86,0	2610	2340	26,0
12,45	0,65	56,4	107,0	2740	2470	28,2
13,45	0,68	60,2	121,0	2820	2550	30,1

По данным такой таблицы вычерчивалась кривая зависимости эдс от температуры. Температура откладывалась по оси абсцисс в градусах Цельсия, а термоэлектр. сила по оси ординат в милливольтх. На черт. 3 отмечены треугольничками со значками разных термоэлементов данные, полученные из наблюдений с этими термоэлементами. Расхождение их не выходило из пределов возможных погрешностей наблюдений и позволяло считать избранный путь к разрешению вопроса удовлетворительным.

Необходимо было связать полученные цифры с данными для других температур. Данные Ландольта для термопары $W-Ta$ позволили



Черт. 3.

получить кривую для температур от 100° до 600°C . Эта кривая показана сплошной линией на черт. 3.

Для получения цифр от 600° до 1000° был употреблен следующий метод. Два спая вольфрам—тантал и никкель—платина помещались в кварцевую трубку, которая нагревалась платиновой печкой до разных температур; проволоки от спаев были изолированы в кварцевых капиллярах (см. черт. 4). Каждая из этих термопар была включена в отдельную компенсационную схему, на которой и определялась эдс

каждой термопары в один и тот же момент. Температура определялась по данным Ландольта для пары никкель-платина. Правильность определения температуры была проверена непосредственными измерениями при температуре около 100° следующим образом. Один спай термопары прикреплялся к шарiku термометра и опускался вместе с ним в расплавленный церезин, нагреваемый до разных температур, другой спай прикреплялся к другому термометру и опускался в тающий снег. Электродв. сила определялась гальванометром, включенным в цепь термопары. Таким способом были определены эдс при температурах от 80° до 170°C термопар $W-Pt$, $Mo-Pt$, $Ta-Pt$, $Ni-Pt$, $W-Mo$, $W-Ta$, $Mo-Ta$, $Mo-Ni$, $W-Ni$ из имевшихся в Радиолaborатории технически чистых металлов. Погрешности на разность температур в ванне были приняты во внимание.



Черт. 4.

Результаты, полученные при нагревании термопары $W-Ta$ в кварцевой трубке, отмечены кружочками и крестиками на черт. 3 в пределах от 100° до 1100° . От 100 до 400° они совпали точно с данными Ландольта, но от 400° до 600° получилось совершенно непонятное расхождение, не исчезнувшее и при повторных наблюдениях с вновь

приготовленными термопарами.

При сравнении полученных таким способом данных с результатами наблюдений термопары в вакууме обнаружилось расхождение на 2—3 милливольт. После довольно продолжительных усилий найти причину расхождения удалось обнаружить ее в ненадежности ручного спектроскопа для определения одинаковости накала места спая с остальной частью волоска. При меньшем или большем накале горизонтальной нити и при одном и том же накале вольфр. волоска, т.е. при одной и той же температуре, наблюдалась меньшая или большая термоэлект. эдс. Спектроскоп же не позволял отметить такую разницу накала. Тогда вместо этого спектроскопа была взята призма „à vision directe“, объектив (Zeiss „Planar“ диам. 75 мм) и окуляр (№ 1 Лейтц) и собрана установка по схеме черт. 5. Первый объектив устанавливался на главном



Черт. 5.

фокусном расстоянии от точки спая так, чтобы сам накаленный волосок играл роль щели. Вследствие больших размеров, большей светосилы и большей точности установки благодаря отсутствию щели при рассматривании через призму непосредственно креста из раскаленных волосков, а не изображения его в щели спектроскопа, такая установка

оказалась более чувствительной и позволяла замечать незначительные изменения накала горизонтального волоска. При этом удалось исключить систематическую ошибку прежних наблюдений.

Результаты измерений даны в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2.

$W - Ta$, $l = 50$ мм, диам. = 0,05 мм.

Вольты накала	Амперы накала	a в милли- вольтах	Ватты	$T^{\circ}K$	$T^{\circ}C$	x в милли- вольтах
			ст ²			
0,95	0,15	17,8	1,89	1220	950	8,9
1,30	0,18	20,6	3,11	1330	1060	10,3
1,60	0,20	23,0	4,25	1430	1160	11,5
2,00	0,23	25,2	6,11	1520	1250	12,6
2,30	0,25	27,6	7,65	1590	1320	13,8
2,90	0,28	29,4	10,77	1700	1430	14,7
3,40	0,31	32,0	14,00	1790	1520	16,0
4,10	0,35	35,2	19,05	1900	1630	17,6
4,80	0,38	39,2	24,20	2000	1730	19,6
5,30	0,40	41,0	28,10	2060	1790	20,5
5,90	0,43	42,8	33,60	2140	1870	21,4
6,35	0,45	46,0	37,90	2200	1930	23,0
7,10	0,48	48,6	45,20	2280	2010	24,3
7,65	0,50	49,4	50,70	2330	2060	24,7
8,50	0,53	52,0	59,70	2420	2150	26,0
9,20	0,55	55,0	67,10	2480	2210	27,5
10,15	0,58	58,4	78,20	2560	2290	29,2
11,65	0,63	62,0	97,50	2690	2420	31,0
2,40	0,25	28,0	7,98	1600	1330	14,0
3,12	0,33	32,6	13,68	1780	1510	16,3
4,50	0,41	38,0	24,50	2000	1730	19,0
6,00	0,48	44,4	38,20	2200	1930	22,2
7,50	0,55	50,6	54,60	2370	2100	25,3
8,50	0,59	55,6	66,50	2480	2210	27,8
9,50	0,63	59,2	79,40	2570	2300	29,6
11,0	0,68	63,6	99,50	2700	2430	31,8

Полученные точки соединены сплошной линией на черт. 4, расположенной выше прежних данных, и оказались вполне совпавшими в области $900^{\circ} - 1100^{\circ}$ с полученными точками при нагревании в кварцевой трубке.

Кроме термопары $W-Ta$ были сделаны наблюдения с термопарой $W-Mo$, показавшие, что эта пара дает очень незначительную эдс и меняет знак при $1900^{\circ}C$, поэтому интересна только в качественном отношении. Полученная кривая для этой термопары изображена на черт. 4 в нижней его части. Крестиками отмечены данные, полученные при нагревании в кварцевой трубке, оказавшиеся совпавшими с данными Ландольта, представленными сплошной линией от 100° до 600° .

Сомкнуть кривую при 1000° не удалось, так как при нагревании в кварцевой трубке, начиная с 500° , термоэлектродв. сила остается постоянной, что можно объяснить влиянием воздуха.

Из кривой $W-Ta$ были определены коэффициенты, входящие в формулу Авенариуса $\alpha = 0,00667$ и $\beta = 0,0000053$; при этих значениях кривая на всем протяжении хорошо согласуется с результатами наблюдений. Коэффициенты, вычисленные по данным Ландольта, $\alpha = 0,00185$, $\beta = 0,000033$ расходятся с опытом уже с 500° .

В литературе сведения о термопарах $W-Ta$ и $W-Mo$ удалось найти только в августовском номере 1924 г. журнала „Zeitschrift für Metallkunde“.

В статье Rohn'a „Thermoelektrische Untersuchungen an Nickellegierungen“ даны кривые эдс термопар $W-Pt$, $Ta-Pt$ и $Mo-Pt$ до $1200^{\circ}C$, по которым можно было определить и термоэлектродв. силу $W-Ta$ и $W-Mo$. Эдс пары $W-Ta$ у Rohn'a оказалась больше полученной в настоящей работе; также не совпала температура, при которой пара $W-Mo$ меняет знак. При повторных тщательных измерениях это расхождение сделалось совершенно несомненным и объяснить его пока нельзя. Быть может, его следует отнести за счет примесей в исследованных Rohn'ом и нами материалах.

Для полноты работы необходимо было бы сделать непосредственное определение температуры пирометром, но за отсутствием его этого сделать было нельзя.

В заключение приношу благодарность Борису Андреевичу Остроумову за руководство этой работой.

Нижегородская Радиолaborатория

имени В. И. Ленина.

Формула коэффициента самоиндукции прямоугольного треугольника и ее возможные дальнейшие практические приложения.

Инж.-эл. В. И. Баженов.

Доложено в РОРИ 6 октября 1925 года, в ЛОРОРИ—15 декабря 1925 года.

СОДЕРЖАНИЕ. Из основного закона Био-Савара выведена формула для вычисления коэффициента самоиндукции прямоугольного треугольника. Автор применяет эту формулу для вычисления коэффициента самоиндукции всех плоских фигур, превращая последние в равновеликие и равнопериметренные прямоугольные треугольники; выводится условие возможности такого превращения; указан приблизительный способ определения коэффициента самоиндукции фигур, не удовлетворяющих условию превращения.

Опытные проверки выведенных формул для треугольника и других плоских фигур дали совпадения с вычисленными значениями до нескольких процентов, лежащих в большинстве случаев в пределах точности измерений.

1.

В радиотехнической практике для целей ответственного радиоприема почти повсеместно употребляются замкнутые антенны и рамки. В этой области за последние 2 года констатируется определенный переход к замкнутым антеннам (рамка большой площади с малым числом витков, обычно подвешенная к той или иной наружной сетевой опоре или опорам) от пользовавшихся еще совсем недавно исключительным вниманием малых рамок (малой площади, большого числа витков, обыкновенно передвижных и поворотных, устанавливаемых внутри зданий). В подтверждение настоящего положения достаточно упомянуть о произведенном в 1924-м году устройстве на выделенных приемных радиостанциях Парижского и Берлинского радиоузлов (Вилькрен и Гельтов), использовавших в 1920—1923 г.г. исключительно малые рамки (с площадью одного витка до 16 м^2) мачт высотой до 75 м, к которым подвешены замкнутые антенны поверхностью в несколько тысяч квадратных метров.

Фирма Маркони во всех своих приемных установках применяет систему радиогониометров, состоящих из двух треугольных, взаимно перпендикулярных замкнутых антенн из одного витка, подвешенных к мачте высотой 25—75 м.

Автор, проработавши в 1915 году экспериментально и теоретически сравнение различных факторов радиоприема при употреблении с одной стороны рамок (с площадью одного витка до 20 кв. м), а с другой стороны замкнутых антенн, подвешенных к мачте в 25 м¹⁾,

¹⁾ См. „Радиотехник“ стр. 113, 1921 г.

еще тогда пришел к твердому убеждению о несомненном преимуществе во всех практических отношениях маловитковых рамок большой площади (замкнутых антенн) по сравнению с обычными рамками малой площади с большим числом витков. Эта идея проводилась им с того же года во всех строившихся автором приемных радиостанциях, которых к 1915 году сооружено несколько десятков; наиболее полное выражение система эта получила на Люберецкой радиостанции, являющейся выделенной приемной Московского радиоузла и описанной в ряде русских и иностранных журналов („Титбп“ № 13 и 27, *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, июнь 1923 г., стр. 265, *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie*, 1922 год, стр. 136, 458 и др.); на эту систему только что (26 октября 1925 г.) получен германский патент за № 420450.

На практике по экономическим и другим соображениям наиболее распространены подвески замкнутых антенн к одной точке опоры; во всех радиостанциях, построенных автором, последний применял всегда также только одну мачту. Замкнутые антенны, в конструкциях автора 1915—1918 г.г., имели форму прямоугольного треугольника; в последующие годы использовались вообще треугольные формы (прямоугольный, равнобедренный или разносторонний треугольник в чистом виде, а также с более или менее срезанными нижними углами, что делалось в целях значительного уменьшения сопротивления и емкости замкнутой антенны за счет небольшого проигрыша в площади витка).

Если искать из числа простых фигур (квадрат, круг, треугольник, прямоугольник) фигуру, эквивалентную (по площади или по периметру) тем неправильным полигонам, каковыми часто являются антенны с одной точкой подвеса, то без дальнейшего ясно, что наиболее близкой по очертаниям фигурой будет того или иного вида треугольник. Исключением являются лишь случаи подвеса к одной точке опоры замкнутой антенны в форме круга, прямоугольника или квадрата. Но первые два случая на практике не встречаются, а последний, запатентованный в виде малой рамки фирмой Телефункен (*D. R. P.* № 317880), не является выгодным по сравнению с другими комбинациями—треугольников со скошенными более или менее углами.

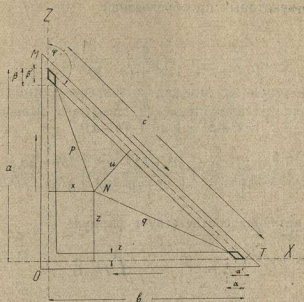
Исходя из такого доминирующего значения формы треугольника во всех почти замкнутых антеннах с одной точкой подвеса, автор задался целью определить коэффициент самоиндукции треугольника. Предварительное знание зависимости между этим физическим параметром и геометрическими размерами треугольника является абсолютно необходимым для рационального проектирования замкнутых антенн; между тем в литературе известны формулы для определения к. самоиндукции только трех простых фигур: круга, квадрата и прямоугольника,

II.

Для упрощения оказавшихся и без того довольно сложных мате-

матических выкладок вычисление произведено для случая прямоугольного треугольника.

Нормальную проекцию напряжения магнитного поля, создаваемого



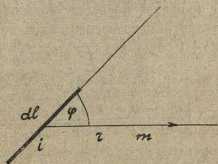
Черт. 1.

эл. током, циркулирующим по контуру прямоугольного треугольника (см. черт. 1), обозначаемую

$$H_N = H \cos (HN),$$

можно разложить на три части: H_1 , H_2 и H_3 ; из них H_1 и H_2 создаются токами, идущими соответственно по катетам a и b , а H_3 — по гипотенузе c .

При направлениях токов согласно показанному на чертеже нормальные проекции всех трех слагаемых суммируются арифметически.



Черт. 2.

Далее, из закона Лапласа, определяющего силу взаимодействия между элементом тока и магнитным полюсом (обозначения ясны из чертежа 2)

$$df = \frac{m i dl}{r^2} \sin \varphi \quad (\text{в эм. ед.}), \quad (1)$$

находим после некоторых преобразований:

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= \frac{i}{x} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} + \frac{a-z}{\sqrt{x^2+(a-z)^2}} \right], \\ H_2 &= \frac{i}{z} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} + \frac{b-x}{\sqrt{z^2+(b-x)^2}} \right], \\ H_3 &= \frac{i}{ab-ax-bz} \left[\frac{a^2+bx-az}{\sqrt{x^2+(a-z)^2}} + \frac{b^2+az-bx}{\sqrt{z^2+(b-x)^2}} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Искомая величина соответствует формуле:

$$L = \frac{\Phi}{i} = \frac{1}{i} \int H_N ds, \quad (3)$$

где

$$H_N = H_1 + H_2 + H_3, \quad (4)$$

а интегрирование должно быть произведено по всей площади s , ограниченной рассматриваемым контуром.

Принимая во внимание, что радиус проволоки r весьма мал по сравнению со сторонами a и b , можно написать выражение для L в виде:

$$\begin{aligned} L = & \int_{x=r}^{x=b} \int_{z=0}^{z'=a} -\frac{a}{b} x \left(\frac{z}{x\sqrt{x^2+z^2}} + \frac{a-z}{x\sqrt{x^2+(a-z)^2}} \right) dx dz + \\ & + \int_{z=r}^{z=a} \int_{x=0}^{x=b} -\frac{b}{a} x \left(\frac{x}{z\sqrt{x^2+z^2}} + \frac{b-x}{z\sqrt{z^2+(b-x)^2}} \right) dx dz + \\ & + \int_{x=0}^x b - \frac{r}{a} (b + \sqrt{a^2+b^2}) \int_{z=0}^{z=a} -\frac{a}{b} x - \frac{r}{b} \sqrt{a^2+b^2} \frac{(a^2+bx-az)}{(ab-ax-bz)\sqrt{x^2+(a-z)^2}} dx dz + \\ & + \int_{z=0}^{z=a} -\frac{r}{b} (a + \sqrt{a^2+b^2}) \int_{x=0}^{x=b} -\frac{b}{a} z - \left(\frac{r}{a} \sqrt{a^2+b^2} \right) \frac{b^2+az-bx}{(ab-ax-bz)\sqrt{z^2+(b-x)^2}} dx dz. \end{aligned} \quad (5)$$

Выражение для коэффициента самоиндукции прямоугольного треугольника оказывается состоящим из четырех слагаемых, каждое из которых представляет собою интеграл по двум переменным согласно выражения (5):

$$L = I_1' + I_2' + I_3' + I_4'.$$

Производя интегрирование в каждом слагаемом и суммируя все найденные отдельные интегралы, находим окончательную формулу:

$$\begin{aligned} L = & \frac{a^2}{\sqrt{a^2+b^2}} \lg \frac{a(\sqrt{a^2+b^2}-a)}{b(\sqrt{a^2+b^2}+b)} + a \lg \frac{4a^2b}{r^2(\sqrt{a^2+b^2}+a)} + \\ & + b \lg \frac{a\sqrt{a^2+b^2}}{a^2+b^2+b\sqrt{a^2+b^2}} + \sqrt{a^2+b^2} \lg \frac{\sqrt{a^2+b^2}ab}{(a^2+\sqrt{a^2+b^2})r} + \\ & + \frac{b^2}{\sqrt{a^2+b^2}} \lg \frac{b(\sqrt{a^2+b^2}-b)}{a(\sqrt{a^2+b^2}+a)} + b \lg \frac{4b^2a}{r^2(\sqrt{a^2+b^2}+b)} + \\ & + a \lg \frac{b\sqrt{a^2+b^2}}{a^2+b^2+a\sqrt{a^2+b^2}} + \sqrt{a^2+b^2} \lg \frac{\sqrt{a^2+b^2}ab}{(b^2+\sqrt{a^2+b^2})r} - \\ & - 2\sqrt{a^2+b^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Формула приобретает более удобный для практики вид, если ввести в нее третью сторону треугольника—гипотенузу $c = \sqrt{a^2+b^2}$, всегда известную в простом числовом значении для каждого конкретного случая. После простых преобразований получаем

$$\begin{aligned} L = & a \left[\frac{a}{c} \lg \frac{a(c-a)}{b(c+b)} + \lg \frac{4a^2b^2}{r^2(c+a)^2} \right] + b \left[\frac{b}{c} \lg \frac{b(c-b)}{a(c+a)} + \right. \\ & \left. + \lg \frac{4a^2b^2}{r^2(c+b)^2} \right] + c \left[\lg \frac{a^2b^2c^2}{r^2(a^2+c^2)(b^2+c^2)} - 2 \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Если же ввести тригонометрические функции одного из острых углов треугольника, например угла α , противолежащего стороне a , то формула примет вид:

$$L = a [\sin \alpha \lg \operatorname{tg} \alpha \frac{c-a}{c+b} + \lg \frac{4a^2b^2}{r^2(c+a)^2}] + \\ + b [\cos \alpha \lg \operatorname{ctg} \alpha \frac{c-b}{c+a} + \lg \frac{4a^2b^2}{r^2(c+b)^2} + c [\lg \frac{a^2b^2c^2}{r^2(a^2+c^2)(b^2+c^2)} - 2]. \quad (8)$$

III.

Математическая сложность решения задачи для случая прямоугольного треугольника заставила автора отказаться от попыток аналитически вывести ту же формулу для L в случае косоугольного треугольника или другой плоской фигуры. Вместо нового анализа автором было сделано допущение о том, что к. самоиндукции косоугольного треугольника или другой плоской фигуры практически должен быть весьма близок к к. самоиндукции прямоугольного равновеликого и равнопериметренного заданному косоугольному или заданной плоской фигуре. Допущение это, хотя и является недоказанным математически, может быть дозволено, т. к. последующие измерения (см. ниже) подтвердили верность такого положения. При помощи несложных рассуждений можно убедиться в том, что условие превращения любой плоской фигуры с периметром P и площадью s в прямоугольный, равнопериметренный и равновеликий треугольник выражается следующим неравенством:

$$P\sqrt{s} \geq 2(\sqrt{2} + 1) \quad (9)$$

или

$$P\sqrt{s} \geq 4,8284. \quad (10)$$

Определим условия, при соблюдении которых простые геометрические фигуры могут быть превращены в равновеликий и равнопериметренный прямоугольный треугольник.

А.—Равнобедренный треугольник.

Обозначая каждую из равных сторон через b и третью сторону через a , угол между равными сторонами—через γ , имеем

$$\left. \begin{aligned} P &= 2b + a = 2b(1 + \sin \frac{\gamma}{2}) \\ S &= \frac{b^2}{2} \sin \gamma \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

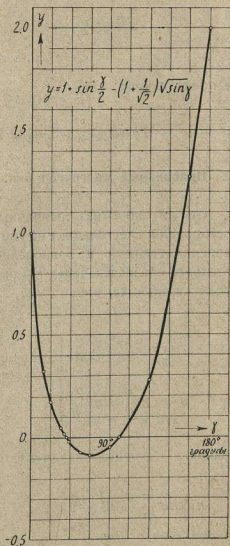
Условие превращения, согласно (9), требует

$$\frac{\sqrt{2}(1 + \sin \frac{\gamma}{2})}{\sqrt{\sin \gamma}} \geq 2(\sqrt{2} + 1). \quad (12)$$

Решая графически это неравенство (см. черт. 3), мы находим, что функция

$$y = 1 + \sin \frac{\gamma}{2} - (1 + \frac{1}{\sqrt{2}}) \sqrt{\sin \gamma} \quad (13)$$

пересекает ось абсцисс в двух точках: $\frac{\pi}{5}$ и $\frac{\pi}{2}$ и положительна или равна



Черт. 3.

нулю для всех значений угла γ , лежащих в пределах

$$0 < \gamma \leq \frac{\pi}{5} \text{ и } \frac{\pi}{2} \leq \gamma < \pi. \quad (14)$$

Практически это означает возможность определения по формуле (7) к. самоиндукции всех тупоугольных равнобедренных треугольников, а из остроугольных—тех, которые имеют при вершине угол меньший или равный 36° .

В.—Косоугольный треугольник.

При обычных обозначениях имеем

$$\left. \begin{aligned} P &= a + b + \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma} \\ s &= \frac{ab}{2} \sin \gamma \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

и следующее условие превращения:

$$a + b + \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma} \geq 3,4142 \sqrt{ab} \sqrt{\sin \gamma}. \quad (16)$$

С.—Правильный многоугольник.

Легко доказать, что ни один из правильных многоугольников (в том числе и равносторонний треугольник) не удовлетворяет условию превращения в равнопериметренный и равновеликий прямоугольный треугольник. Действительно, обозначая через r —радиус круга, описанного вокруг заданного n -угольника, имеем

$$\left. \begin{aligned} P &= 2nr \sin \frac{\pi}{n} \\ s &= n \frac{r^2}{2} \sin \frac{2\pi}{n} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

и условие преобразования:

$$n \tan \frac{\pi}{n} \geq (3 + 2\sqrt{2}). \quad (18)$$

Решая графически это неравенство (см. черт. 4), мы определяем, что функция

$$y' = n \tan \frac{\pi}{n} - (3 + 2\sqrt{2}) \quad (19)$$

обращается в 0 только при значении n , немного большем $n = 2,8$ и является положительной только на участке от $n = 2$ до $n \cong 2,8$ (решение рассматривает n начиная с 2). При $n = 2$, функция обращается в $+\infty$; при $n \geq 3$, функция всегда отрицательна.

Итак, ни один из правильных многоугольников не удовлетворяет выведенному условию превращения.

Д.—Прямоугольник.

При обычных обозначениях имеем:

$$\left. \begin{aligned} s &= ab \\ p &= 2(a + b) \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

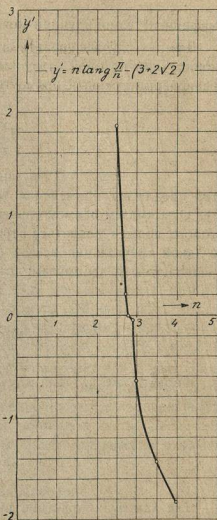
и условие превращения выразится в форме

$$\sqrt{\frac{a}{b}} + \sqrt{\frac{b}{a}} \geq 2,4142. \quad (21)$$

Отсюда легко найти, что для всех прямоугольников, с отношением сторон

$$\frac{a}{b} \geq 3,543, \text{ или } \frac{a}{b} \leq 0,282 \quad (22)$$

коэффициент самоиндукции может определяться по формуле (7).



Черт. 4.

Е.—Э л л и п с.

При обычных обозначениях имеем:

$$s = \Pi(a + b). \quad (23)$$

Условие преобразования в этом случае принимает вид:

$$\sqrt{\frac{a}{b}} + \sqrt{\frac{b}{a}} \geq 2,724 \quad (23a)$$

откуда следует, что для всех эллипсов с отношением полуосей

$$\frac{a}{b} \geq 5,226 \text{ или } \frac{a}{b} \leq 0,191 \quad (24)$$

коэффициент самоиндукции может определяться по формуле (7).

Для тех случаев практики, когда плоскую фигуру, коэффициент самоиндукции которой отыскивается, нельзя превратить в равновеликий и равнопериметренный прямоугольный треугольник, т.-е. когда

$$\frac{P}{\sqrt{s}} < 4,8284, \quad (25)$$

автор предлагает применение той же формулы (7) в следующем варианте. Отыскиваем прямоугольный равнокатетный треугольник, периметр которого должен равняться периметру заданной плоской фигуры. Ясно, что такой треугольник всегда будет иметь место, причем стороны его определяются по формулам:

$$b = a = \frac{P}{\sqrt{2} + 2} \text{ и } c = \frac{P}{1 + \sqrt{2}}. \quad (26)$$

Формула же (7) для случая: $a = b$ преобразуется в очень простой вид:

$$L = a \sqrt{2} \left[\log \frac{0,343 a^4}{r^2 (a^2 + 2,8284 a + 2)} + \sqrt{2} \log 0,687 \frac{a^2}{r^2} - 2 \right]. \quad (27)$$

Так как a на практике выражается: для рамок — порядком сотен, а для замкнутых антенн — десятков тысяч (все в сантиметрах), то из этой точной формулы с весьма большим приближением (ошибка не более 0,1%) получаем еще более удобную для практики формулу:

$$L = 1,414 a \left[\log 0,2 \left(\frac{a}{r} \right)^{4,828} - 2 \right]. \quad (28)$$

Примечание. Степень погрешности, допускаемой при замене формулы (27) таковой (28), легко определить, например, на следующем конкретном случае. Дана неправильная фигура (плоская) с $P = 8100$ см и $s = 3720000$ см²; в этом случае

$$\frac{P}{\sqrt{s}} \simeq 4,2 < 4,8284. \quad (29)$$

Отыскиваем сторону равнокатетного прямоугольного треугольника с $P = 8100$ см. Находим из (26)

$$a = 2370 \text{ см.}$$

Вычисление L по формуле (27) дает:

$$L = 150157 \text{ см;}$$

то же вычисление по приближенной формуле (28) дает

$$L' = 150191 \text{ см.}$$

Определенное таким образом L , естественно, отличается от действительного; для случаев, экспериментально обследованных автором, измеренное L меньше рассчитанного по формуле (28) на 5—15%. В дальнейшем предполагается дать практический поправочный коэффициент к L , определенному по формуле (28), примененной к случаю $P/\sqrt{V s} < 4,8284$.

Этот коэффициент явится функцией отношения $P/\sqrt{V s}$ для прямоугольного треугольника или $P/\sqrt{V s}$ заданной плоской фигуры. Автор пока не закончил экспериментальных проверок своего допущения в этом случае, и потому дальнейшая трактовка вопроса в части определения к. самоиндукции *любой* плоской фигуры будет предложена отдельно.

IV. Экспериментальная проверка.

Выводы автора были проверены в различных случаях на практике путем построения различных фигур и последующего тщательного измерения их L с одновременным вычислением L по найденным формулам, а также путем приложения найденных формул к ранее обмеренным (1924 г.) замкнутым антеннам Люберецкой выделенной Московского радиоузла приемной радиостанции многократного приема системы автора.

Измерения L (мостом для измерения L Сименс и Гальске) производились с точностью до 0,2% при работе в стенах лаборатории (фигуры небольшой площади) и с точностью до 0,5% при работе во вне. Измерение длины, к сожалению, производилось только с точностью до 0,5%, так как использовался старый антенный бронзовый канатик со многими скрутками и барашками.

Формулы дают коэффициент самоиндукции в сантиметрах при условии подстановки всех линейных размеров тоже в сантиметрах. Логарифмы всюду натуральные.

А.—Проверка основной формулы коэффициента самоиндукции прямоугольного треугольника.

1) Построен в стенах лаборатории прямоугольный треугольник из бронзового канатика с $2r = d = 0,3$, со сторонами: $a = 390$, $b = 1770$, $c = 1810$; измерения производились 3-мя лицами и дали результат:

$$L_{изм} = 59100 \pm 0,2\%.$$
 (30)

Вычисление по формуле дает:

$$L_{выч} = 59823,0 \text{ или } \Delta = + 1,22\%.$$
 (31)

Если вычислять, как это делал автор в первые годы своей практики до нахождения формулы (7), к самоиндукции прямоугольного треугольника по формуле для равнопериметренного квадрата

$$L_0 = 8a \left[\log \frac{a}{r} - 0,774 \right],$$
 (32)

то для рассмотренного случая получим

$$a = 992,5, L_0 = 63678 \text{ или } \Delta = + 7,75\%.$$
 (33)

2) Построен во дворе ГЭЭИ прямоугольный треугольник со сторонами: $a = 1000$, $b = 1650$, $c = 1960$; d провода = $0,2$. Измерение производилось с меньшей точностью одним лицом и дало

$$L_{изм} = 69500 \pm 1\%.$$
 (34)

Вычисление по формуле дает

$$L_{выч} = 72350 \text{ или } \Delta = + 4,1\%.$$
 (35)

В процессе учебно-практических работ практикантов при Радиотделе ГЭЭИ были построены одновременно, разными лицами, еще семь прямоугольных треугольников; измеренные тем же методом коэффициенты самоиндукции отличались от вычисленных по формуле (7) на несколько процентов в ту и другую сторону; средняя ошибка наблюдателей, принимая за верное значение то, которое получается по формуле (7), была $+ 2,18\%$. Такая ошибка лежит в пределах точности измерений, если принять во внимание недостаточную опытность наблюдателей, производство измерений на открытом воздухе и необходимость

отсчетов во многих случаях при невыгодном соотношении плеч реохорда (имевшийся эталон минимальной самоиндукции был только 10^5 см.).

В.—Проверка справедливости допущения автора о вычислении к. самоиндукции любой плоской фигуры с периметром P и площадью s по формуле (7), в которой a , b , c , означают стороны равнопериметренного и равновеликого прямоугольного треугольника (фигура такова, что $PVs \geq 4,8284$).

1) Построен равнобедренный косоугольный треугольник, равновеликий и равнопериметренный описанному в пр. 2, А. Стороны такого треугольника:

$$a' = b' = 1160, c' = 2280 \text{ (при } d = 0,2). \quad (36)$$

Измеренный к. самоиндукции оказался равным

$$L_p = 70,500. \quad (37)$$

Погрешность Δ , по отношению к L вычисленному (см. выше) и найденному $L_{\text{выч}} = 72350$, оказывается

$$\Delta = + 2,66\%. \quad (38)$$

Итак, измеренные коэффициенты самоиндукции таких двух треугольников отличаются лишь на:

$$\frac{L_p - L_n}{\frac{L_p + L_n}{2}} = 1,42\%. \quad (39)$$

2) Такие же измерения построенных треугольников: прямоугольного и косоугольного с равными s и P для другого случая (периметр был почти вдвое меньше периметра треугольника, рассмотренного в предыдущем примере) дали:

$$\frac{L_p - L_n}{\frac{L_p + L_n}{2}} = 3,98\%. \quad (40)$$

И эта ошибка может лежать близко к пределам погрешности измерения, так как в данном случае при всех невыгодных, упомянутых выше, обстоятельствах, измерялся к. самоиндукции порядка 30.000 см при эталоне в 100.000 см.

3) Построен прямоугольник из провода $d = 0,2$, со сторонами $a' = 100$ и $b' = 800$.

Измеренный коэффициент самоиндукции

$$L = 25700. \quad (41)$$

Прямоугольный треугольник, равновеликий и равнопериметренный данному прямоугольнику, существует, так, как

$$\frac{P}{V s} = 6,37 > 4,8284,$$

и стороны такого треугольника определяются как

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{1}{4} \left[\left(P + \frac{4s}{P} \right) \pm \sqrt{\left(P + \frac{4s}{P} \right)^2 - 32s} \right] \\ a &= \frac{8s}{\left(P + \frac{4s}{P} \right) \pm \sqrt{\left(P + \frac{4s}{P} \right)^2 - 32s}} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

В приложении к данному конкретному примеру имеем

$$P = 1800; s = 80000; a_1 = b_2 = 786,5 \text{ и } a_2 = b_1 = 202,5. \quad (43)$$

Отсюда: $c = 814,5$. Производя вычисления по формуле (7), находим

$$L_{\Delta_{внн}} = 26400. \quad (44)$$

Итак погрешность

$$\Delta_{\Delta} = + 2,72\%. \quad (45)$$

Вычисление коэффициента самоиндукции прямоугольника по формуле:

$$\begin{aligned} L_{\square} &= 9,21 \left[a' \log_{10} \frac{4 a' b'}{d (a' + \sqrt{a'^2 + b'^2})} + \right. \\ &\quad \left. + b' \log_{10} \frac{4 a' b'}{d (b' + \sqrt{a'^2 + b'^2})} \right] + 0,868 [V \sqrt{a'^2 + b'^2} - a - b] \quad (46) \end{aligned}$$

дает

$$L_{\square_{\text{выч}}} = 24350 \quad (47)$$

или погрешность

$$\Delta \square = - 5,25\% \quad (48)$$

4) Погрешности того же знака и порядка получились при измерении и вычислении коэффициента самоиндукции другого прямоугольника, построенного со сторонами: $a' = 3000$, $b' = 500$ из провода $d = 2r = 0,2$. Условия превращения:

$$\frac{P}{V_s} = \frac{70}{V_{150}} = 5,71 > 4,8284 \quad (49)$$

соблюдено, а потому формула (7) вполне применима.

Вычисленный по формуле (7) коэффициент самоиндукции

$$L_{\triangle_{\text{выч}}} = 123080. \quad (50)$$

Измеренный

$$L_{\triangle_{\text{изм}}} = 121500. \quad (51)$$

Погрешность

$$\Delta \triangle = + 1,3\% \quad (52)$$

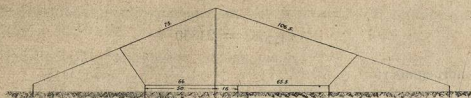
Тот же коэффициент самоиндукции, вычисленный по формуле для прямоугольника, определяется, как

$$L_{\square_{\text{выч}}} = 115350, \quad (53)$$

что дает погрешность относительно измеренного

$$\Delta \square = - 5,06\% \quad (54)$$

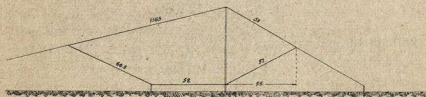
5) Замкнутые антенны Люберецкой радиостанции многократного радиоприема конструкции 1920 г. имели формы неправильных 4-х и 5-ти угольников, подвешенных к мачте в 60 метров (эти многоугольники ближе всего подходили к треугольникам с различно скошенными внизу углами). Для трех из подвешенных тогда шести фигур условие $s/\sqrt{P} > 4,8284$ соблюдалось, и потому оказалось возможным вычислением проверить имевшийся опытный материал (для одного витка). Результаты следующие:



Черт. 5.

ТАБЛИЦА 1.

Название замкнутой антенны.	Площадь фигуры	Периметр фигуры	$P/\sqrt{s}$	$L_{вмч}$	$L_{изм}$	Δ
Карнарвонская . . .	5868 м ²	375 м.	4,9	777900	753000	+ 3,3%
Парижская (черт. 5) .	5038 „	370 „	5,21	718300	740000	— 2,97%
Ташкентская (черт. 6) .	5005 „	350 „	4,94	661300	695000	— 4,84%



Черт. 6.

Примечание. Если бы, вместо нахождения сторон равновеликого и равнопериметренного треугольника, мы определили стороны a только лишь равнопериметренного (и равнокатетного) прямоугольного треугольника и вычислили коэффициент самоиндукции L_p в последнем случае, пользуясь формулой (28), то получили бы

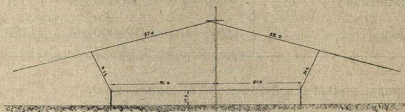
ТАБЛИЦА 2.

Название замкнутой антенны.	Коэффициент самоиндукции L_p	Погрешность относительно измеренного L
Карнарвонская	870.000	+ 15,4%
Парижская	841.000	+ 13,65%
Ташкентская	753.000	+ 8,35%

7) Из семи замкнутых антенн, подвешенных к 67 метровой мачте Люберецкой радиостанции многократного приема по системе автора,

конструкции 1923 года, две удовлетворяют условию превращения: американская (черт. 7) и западная (черт. 8).

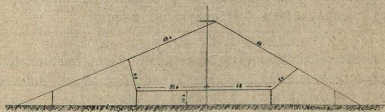
Первая из них является самой большой в мире (судя по литературным сведениям) замкнутой антенной и состоит из 6 витков (неправильный пятиугольник) с общей площадью их в 37400 кв. мтр. и общим



Черт. 7.

периметром в 2310 мтр. бронзового канатика диаметром 4 миллиметра. О количестве энергии, получаемой такой антенной от проходящих радиоволн при соответствующей настройке можно судить по тому обстоятельству, что несмотря на три промежуточных контура в приемнике, достаточно 1 детекторной, 1 гетеродинной и 3 усилительных (по простой схеме) ламп для приема радиостанций: всех мощных Северо-Американских, некоторых Южно-Американских, Пекина и других; в смысле же механической прочности эта антенна за 2 года эксплуатации не имела никакого дефекта и не требовала ни разу регулировки.

Вторая из упомянутых, западная замкнутая антенна, имеет меньшие размеры (4 витка с общей площадью в 17400 кв. мтр. и общей длиной



Черт. 8.

в 1320 мтр.; виток имеет форму неправильного пятиугольника) и предназначена для дуплексного приема Науэнского корреспондента Московского радиоузла. На этой антенне в день приемного испытания ее, 18 августа 1923 г., впервые в СССР был произведен при любезном содействии „Transradio A. G.“ эксплуатационный быстродействующий прием от Науэна на волне 9800 метров, со скоростью 75 слов в минуту.

Производя указанные выше операции, легко находим, что катеты a и b эквивалентных прямоугольных треугольников выразятся цифрами следующей таблицы № 3.

ТАБЛИЦА 3.

Название з. антенны.	Периметр одного витка.	Площадь одного витка.	<i>a</i>	<i>b</i>
Американская	38500 см	62340000 см	9951	12529
Западная	33000 см	43520000 см	11730	7410

Отсюда, пользуясь формулой (7), определяем

$$L_{\text{выч. амер.}} = 773000 \text{ см}, L_{\text{выч. запад.}} = 659800 \text{ см}. \quad (55)$$

Измерения тех же величин дали цифры

$$L_{\text{выч. амер.}} = 785000 \text{ см}, L_{\text{выч. запад.}} = 666000 \text{ см}. \quad (56)$$

Сравнивая последние 5 строк, находим, что разность значений измеренных и вычисленных выражается в процентах

$$\Delta_{\text{амер.}} = -1,53\% \text{ и } \Delta_{\text{запад.}} = -0,92\%. \quad (57)$$

Примечание. Если бы коэффициент самоиндукции был вычислен по формуле только равнопериметренного прямоугольного треугольника (см. выше), то получились бы следующие цифры:

ТАБЛИЦА 4.

Название з. антенны.	Коэффициент самоиндукции L_p	Погрешность отно- сительно измерен- ного L
Американская	849.000	+ 6,88%
Западная	710.080	+ 6,63%

В заключение позволю себе выразить глубокую признательность проф. А. А. Петровскому и М. В. Шулейкину за их советы при производстве настоящего исследования.

ДОПОЛНЕНИЕ.

После того, как настоящая работа была уже набрана, автор получил возможность ознакомиться с недавним изданием Сев. Амер. Бюро Стандартов [Frederick W. Grower—„Formulas and tables for the calculation of the inductance of Coils of polygonal form“ Scientific Pap. of the Bur. of Stand, No 468 (vol. 18)], в котором даны приблизительные формулы для расчета к. самоиндукции правильных треугольника, шестиугольника и восьмиугольника. Формула для правильного треугольника, со стороной a и радиусом провода r , следующая:

$$\alpha = 0,006 a \left[\log \frac{a + \sqrt{a^2 + r^2}}{r} - \sqrt{1 + \frac{r^2}{a^2}} - 0,848612 + \frac{r}{a} \right]. \quad (58)$$

Пытаясь применить эту формулу хотя бы уже к точно измеренным (в отд. 6, гл. А, п. 1 и 2) прямоугольным треугольником, вводя принцип эквивалентности (по периметру L_p или по площади L_s), получаем следующие результаты:

ТАБЛИЦА 5.

	Измеренный и точность измерения.		Вычисленные.	
	L_p	Δ_p	L_s	Δ_s
Пр. треуг. опис. в п. 2, гл. А, от. VI	$69500 \pm 0,2\%$	$78400 \pm 12,8\%$	$69738 \pm$	$0,34\%$
Пр. треуг. опис. в п. 1-м .	$59100 \pm 1\%$	$64000 \pm 8,3\%$	$40600 -$	$31,3\%$

Как показывают табличные данные, цифры, получающиеся от наших попыток расширить применение формулы Grower'a к случаю хотя бы прямоугольных треугольников, настолько отличаются от результатов точных измерений, что возможно рассчитывать на применение на практике выведенных нами формул (7 и далее), несмотря на наличие формулы Grower'a; эта последняя, справедливая только для равносторонних треугольников, не заменяет, а дополняет выведенные в работе зависимости.

Москва.

Г. Э. Э. И.

Результаты измерений градиента электрического поля электромагнитных волн различных радиостанций в Москве.

В. Баженов.

В течение 1925 года велись спорадические измерения напряжения электрического поля электромагнитных волн различных радиостанций в Радиоотделе Государственного Экспериментального Электротехнического Института (Москва, Гороховская 23). Эти наблюдения производились нерегулярно по двум причинам: 1) по отсутствию штатного радиотелеграфиста, 2) вследствие возможности производить измерения лишь в те моменты, когда находящаяся в расстоянии 250 метров радиостанция имени Коминтерна не работала на передачу. Метод измерения — аудиокомпаратор, по принципиальной схеме Остина, опубликованной от имени *U. R. S. I.* (Международного Бюро по научному Радио) за 1924 год. Конструкция этого прибора, выполненного в трех моделях Институтом и, в частности, применявшегося инженером Домбровским при измерениях в Ташкенте осенью 1925 г., будет дана в одном из следующих номеров ТИТбп.

В нижеприведенных таблицах дается сводка результатов этих измерений, причем приняты следующие условия.

1. Время соответствует 2-му поясу.
2. Длина волны дана в метрах. Там, где она известна лишь приблизительно, поставлена звездочка.
3. Градиент электрического поля дается в микровольтах на метр.

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>AZI</i> , $\lambda = 2600$.									
Август.	20	14	45	58,5	Ноябрь.	5	15	30	75
	21	14	45	47,8		6	11	40	58,8
	26	14	45	62,5		9	11	25	138
Сентябрь.	1	14	10	58,5		14	11	40	124
	7	14	30	86		16	11	50	99,6
Октябрь.	20	14	40	150		18	14	40	146
	24	—	50	45		19	11	55	104
	29	—	50	40		21	11	50	122
<i>AGW</i> , $\lambda = 18000$									
Июнь.	11	22	10	625	Ноябрь.	4	15	20	695
	16	9	50	895		5	11	40	587
Август.	12	11	45	645		6	10	05	620
	19	9	30	710		11	10	30	587
	26	10	05	778		13	14	20	670
Октябрь.	24	11	30	532		20	10	35	745
	29	10	20	507	Декабрь	30	3	30	582

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>AGS</i> , $\lambda = 13000^*$									
Июнь.	23	8	00	930	Сентябрь.	8	10	20	2180
	25	14	45	1595		12	10	25	2050
Август.	11	11	50	2370	Ноябрь.	5	10	20	1157
	13	10	05	2370		6	10	20	1170
	14	11	55	2220		10	13	25	1260
	18	11	50	2180		11	11	05	1200
	20	9	45	2195		14	10	25	1886
	21	10	30	2440		20	10	30	2430
Сентябрь.	2	10	15	1760					

<i>AGN</i> , $\lambda = 4900$									
Ноябрь.	16	11	45	67,5	Декабрь.	30	4	50	36,7
Декабрь.	30	2	48	36		—	6	40	76,5

<i>AGX</i> , $\lambda = 14600$									
Июнь.	11	21	30	270	Ноябрь.	9	12	00	349
Ноябрь.	2	11	35	524		16	10	50	484

<i>AXL</i> , $\lambda = 14300^*$									
Июнь.	23	7	55	516	Ноябрь.	5	15	15	503
	25	15	15	356		6	15	00	461
Август.	11	9	20	399		10	15	00	461
Сентябрь.	2	9	40	490		11	15	05	438
Октябрь.	24	14	50	313		13	15	00	405
Ноябрь.	4	15	00	390	Декабрь.	30	4	00	473

<i>AXM</i>									
Август.	26	14	25	36,4	Сентябрь.	1	14	40	43,4

<i>BUC</i> , $\lambda = 8200$									
Август.	26	10	25	635	Сентябрь.	9	10	15	383
Сентябрь.	8	10	10	398	Ноябрь.	16	10	20	572

<i>FL</i>									
Август.	18	14	45	138	Август.	20	14	25	138

<i>FT</i> , $\lambda = 14200$									
Июнь.	16	7	25	398	Ноябрь.	5	11	30	433
Август.	12	11	40	1260		6	11	35	615
	14	10	00	590		9	11	50	437
Сентябрь.	2	10	00	492		10	13	10	595
	14	10	15	785		13	14	45	404
Октябрь.	24	15	15	402	Декабрь.	30	3	42	662

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>FZ.</i>									
Июнь.	2	8	00	242	Июнь.	16	7	50	102
<i>GKC, $\lambda = 4200$</i>									
Август.	26	11	45	57,7	Ноябрь.	18	14	50	64,6
Октябрь.	24	12	40	28,6		19	11	40	64,3
Ноябрь.	16	11	40	64,4					
<i>GBL, $\lambda = 12350$</i>									
Май.	2	7	00	314	Июнь.	23	8	15	349
	6	7	20	312					
$\lambda = 8000^*$									
Декабрь.	30	6	48	46,9					
<i>GLS.</i>									
Август.	18	9	15	48,5					
<i>GLC.</i>									
Июнь.	16	7	45	655					
<i>GLP.</i>									
Июнь.	19	7	30	26,8	Сентябрь.	10	11	35	105
Август.	21	9	50	43,4	Декабрь.	30	2	40	20,1
Сентябрь.	9	11	50	57					
<i>GLA, $\lambda = 3000$</i>									
Октябрь.	24	12	50	27,4	Декабрь.	30	2	07	27,0
<i>GLO, $\lambda = 3800$</i>									
Ноябрь.	6	11	50	27,8					
<i>GSW, $\lambda = 4600$</i>									
Ноябрь.	18	15	00	34,5					
<i>HZD, $\lambda = 14800$</i>									
Июнь.	19	9	20	113	Октябрь.	24	10	15	62,6
	23	9	15	106	Ноябрь.	2	11	45	80,8
Август.	13	9	25	184		5	10	30	67,5
	14	9	40	215		6	10	30	74,5
	17	9	30	223		12	10	30	80,8
	18	10	10	245		14	10	15	70,1
	19	10	15	223		16	10	10	85
	21	9	40	223		19	10	15	74,5
	26	9	40	251		20	10	15	74,4
Сентябрь.	7	9	40	205		21	10	20	70,1

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>HAR</i> , $\lambda = 4400$									
Ноябрь.	18	15	00	55	Декабрь.	30	2	30	30,4
Декабрь.	30	2	12	18					
<i>HB</i> , $\lambda = 4000$									
Ноябрь.	19	11	50	110	Ноябрь.	20	11	45	95
<i>HVB</i> , $\lambda = 3100$ (Берн).									
Ноябрь.	16	11	30	66,5	Ноябрь.	19	11	30	65,5
<i>HFF</i>									
Октябрь.	24	13	00	12,5					
<i>IDG</i> , $\lambda = 16000^*$									
Август.	17	11	50	530	Ноябрь.	9	11	40	239
Сентябрь.	7	9	50	487		10	12	45	272
Ноябрь.	2	11	50	253		11	12	15	239
	6	11	30	280					
<i>IDO</i> , $\lambda = 10850^*$ (Сан Паоло).									
Ноябрь.	2	12	00	560,8	Ноябрь.	20	10	45	1090
	14	10	55	596	Декабрь.	30	7	08	2200
	16	10	30	540					
<i>ICC</i> , $\lambda = 14700^*$ (Кольтано).									
Май.	3	8	45	1880	Сентябрь.	12	10	00	612
Июнь.	16	7	15	376		14	10	00	655
	23	7	30	530	Ноябрь.	4	14	45	420,6
Август.	11	10	35	1010		5	14	30	406
	12	10	15	1070		6	14	30	506
	13	9	45	1380		9	14	25	378
	18	10	00	490		10	14	40	406
	19	9	40	690		13	14	25	480
	21	10	15	1225		20	14	25	484
	26	10	10	1000	Декабрь.	30	3	35	945
<i>LP</i> , $\lambda = 3000^*$ (Кенигсвустергаузен).									
Август.	20	14	50	51,6	Октябрь.	20	15	00	185
	21	9	15	59,6					
$\lambda = 2600^*$ (Кенигсвустергаузен — радиофон; измерялась основная волна).									
Декабрь.	30	2	17	112					
<i>LCM</i> . (Ставангер).									
Сентябрь.	9	10	25	132					

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>LV</i> , $\lambda = 18.900$ (Лафайетт).									
Май.	7	7	25	547	Ноябрь.	5	14	50	278
Июнь.	16	10	20	326		6	13	05	295
	23	10	25	400		10	12	55	281
Август.	14	10	10	603		12	10	15	215
	19	10	00	356		14	10	30	310
	26	10	00	363	Декабрь.	30	4	15	460
<i>MU</i> , $\lambda = 12.600$ (Карнарвон).									
Август.	12	9	50	582	Декабрь.	30	7	40	125
	13	9	50	415					
<i>OKP</i> , $\lambda = 9800$									
Август.	18	14	15	122					
<i>OHD</i> , $\lambda = 3400$ (Вена).									
Июнь.	16	7	35	48,2	Август.	21	11	40	69,5
	19	7	40	49,8		26	14	55	64
Август.	13	11	50	66	Сентябрь.	1	14	20	70
	18	14	45	57		7	14	50	49
	19	14	40	50,5	Ноябрь.	16	12	00	97,5
	20	14	40	50,5		21	11	30	79
<i>OHF</i> , $\lambda = 1700$									
Ноябрь.	14	13	20	36,8	Декабрь.	30	2	23	161
	20	10	10	59,5					
<i>OHO</i> , $\lambda = 2500^*$									
Август.	14	9	20	33	Ноябрь.	12	11	40	107
Октябрь.	24	11	55	156		14	11	30	176
	29	11	40	96		16	11	55	187
Ноябрь.	11	11	30	107		19	12	00	200
<i>OXL</i> , $\lambda = 3400$ (Лингби).									
Август.	13	11	55	41,7	Август.	21	11	45	49,5
<i>PCG</i> , $\lambda = 16300^*$ (Коотвик).									
Май.	6	8	00	530	Октябрь.	24	14	40	202
Июнь.	2	7	30	148		29	10	25	267
Август.	17	10	35	545	Ноябрь.	6	12	45	287
	18	9	45	550		9	12	45	267
	21	10	25	567	Декабрь.	30	0	59	177
<i>SAJ</i> , $\lambda = 4000$ (Карлсборг).									
Август.	13	11	35	72,5	Сентябрь.	1	14	30	81,5
	14	11	40	57,3	Ноябрь.	4	11	30	95
	17	14	30	58,5		14	11	50	80,1
	26	14	30	67					

Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.	Месяц.	Чис.	Час.	Мин.	Град.
<i>SAQ</i> , $\lambda = 16.800$									
Июнь.	16	9	30	320	Ноябрь.	10	14	45	239
Август.	20	11	50	520		13	15	05	271
Сентябрь.	8	9	40	520					
<i>SUC</i> , (Каир).									
Декабрь.	30	3	50	662					
<i>YN</i> , $\lambda = 15.150$ (Лион).									
Август.	20	12	00	372	Ноябрь.	2	11	45	187
Сентябрь.	7	10	20	603	Декабрь.	30	7	12	617
	8	9	50	351					
<i>XVZ</i> , $\lambda = 15.000$ (Пекин).									
Июнь.	2	7	50	41,6	Июнь.	26	7	50	29,9
<i>WCJ</i> , $\lambda = 16.800$ (Туккертон).									
Ноябрь.	21	10	15	63,7					
<i>WQK</i> , $\lambda = 16.450$ (Лонг-Айленд)									
Ноябрь.	14	10	05	81,5	Декабрь.	30	6	30	44,7
	19	10	10	89					
<i>WQL</i> , $\lambda = 17.500$									
Ноябрь.	11	10	25	68	Ноябрь.	12	10	25	68
<i>WJJ</i> , $\lambda = 13.600$ (Нью-Брунсвик).									
Май.	7	7	15	26,15	Декабрь.	30	6	00	87,5

Москва, Г. Э. Э. И.

Февраль, 1926.

К проектированию радиосетей.

(По поводу статьи Л. М. Ланда в ТиТбп № 33).

А. Е. Сузант.

В журнале ТиТбп № 33 была помещена статья Л. М. Ланда „К вопросу о методе проб при проектировании радиосетей“, в которой автор возражает на мою коротенькую работу, помещенную в ТиТбп № 31. Нижеследующие строки заключают в себе мой ответ Л. М. Ланду.

Статья Ланда затрагивает вопрос о методе проектирования радиосетей. Поэтому, и я буду также придерживаться этой плоскости.

Проектирование всякой отправительной радиостанции (работающей „длинными“ волнами) необходимо начать с установления наивыгоднейшей „рабочей“ волны. Об этом в свое время писалось очень много, и кроме указанной Л. М. Ландом работы Г. А. Кьяндского, в ТиТбп № 17, следует еще упомянуть о работах, в этом направлении проф. М. В. Шулейкина („Радиотехник“ № 14), проф. Хоу (см. Radio Review, авг. 1920 г.; ТиТбп № 13, стр. 330), Л. Турнена (в том-же журнале R. R., окт. 1921 г.; ТиТбп № 13, стр. 333—340), основанной на исследовании М. Абрагама (Jahrb. d. drahtl. Tel. und Tel., авг. 1919 г.), проф. Н. М. Обухова (ТиТбп № 17, стр. 800).

Выбрав так или иначе эту волну (λ), мы переходим к определению величины произведения действующей силы тока в отправительной антенне на действующую ее высоту— $I_1 \times h_{1d}$, которое находится из формулы передачи (Коэн-Остина, Фуллера и т. д.), имеющую, как известно, вид:

$$i_2 = k \frac{I_1 \times h_{1d} \times h_{2d}}{\lambda \times r} \times l \frac{\alpha \times r}{f(\lambda)},$$

где: i_2 —сила тока в приемной антенне, h_{2d} —действующая ее высота; r —дальность передачи, коэффициенты k , α и вид функции $f(\lambda)$ зависят от того, какой формулой мы пользуемся (Фуллера, или др.).

Итак, мы имеем:

$$I_1 \times h_{1d} = A = const. \quad (1)$$

Дальше, Л. М. Ланд говорит (стр. 641) „на основании соображений экономического характера расчлняем это произведение—(речь идет о равенстве (1))—на два множителя I_1 и h_{1d} , после чего выбираем основной размер антенны, ее геометрическую высоту“.

Такой подход мне кажется совершенно неприемлимым.

Здесь гораздо правильнее было-бы ввести требование необходимой собственной волны радиосети (λ_0), из условия:

$$\lambda:\lambda_0 = 1,5-2-2,5,$$

(где λ —рабочая волна) и дальнейший расчет вести примерно следующим образом: задавшись типом антенны, выбираем для нее волновой множитель ($\mu = \frac{\lambda_0}{l}$), и затем определяем длину радиосети l , которая, если ограничиться разбором основных трех типов (Γ -образная, T -образная, и зонтичная), разлагается на сумму высоты подвеса сети (h_2) и длины луча— b (горизонтального или наклонного). Т.-е., мы будем иметь:

$$l = h + b = B = const. \quad (2)$$

И далее, определив невыгоднейшую высоту подвеса (h_2), которая, кроме дальности действия, зависит и от типа передатчика и определяется из условия наиболее дешевой эксплуатации, мы находим, из равенства (2) длину луча (b), задаемся углом наклона¹⁾ (если луч b —не горизонтален), или вообще, принимаем во внимание специфические особенности данного типа сети, и определяем, наконец, действующую высоту— h_{10} .

Я совершенно не вижу необходимости наперед задаваться, как делает это Л. М. Ланд, кроме высоты подвеса сети также и действующей ее высотой (Л. М. Ланд задается сперва действующей высотой, а потом геометрической—см. предыдущую цитату).

Поэтому я в корне не согласен с задачей, которую ставит Ланда (стр. 641): „1). Какими основными геометрическими размерами (кроме высоты, уже установленной) должна обладать сеть, чтобы удовлетворить заранее заданной h_{10} “? Я думаю, что игнорировать здесь собственную волну сети не приходится, и ставлю как раз обратную задачу, о которой мы уже говорили, и которую можно формулировать приблизительно так: какой действующей высотой будет обладать радиосеть, когда она будет иметь нужную собственную волну и невыгоднейшую геометрическую высоту?

После всего сказанного мне остаются совершенно непонятными следующие слова Ланда (стр. 641—2): „Между тем, если отправляться в расчете геометрических размеров от формул для h_{10} (формулы см. „Курс Радиопередачи“—лекции проф. Шулейкина, стр. 9 и след.), то

1) Величина этого угла влияет на действующую высоту. Она может быть также определяема из экономических соображений, постольку, конечно, поскольку мы не связаны какими-либо посторонними условиями.

эта величина всегда гарантирована, а в сложных сетях, где искомым геометрических размеров больше, чем один, можно приблизительно учесть и λ_0 путем того-же волнового коэффициента. Если-же определяемых основных размеров только один (сети Γ -и T -образные), то с меньшим риском для всего проекта можно отказаться от учета нужной λ_0 в пользу обеспечения h_d и удовлетвориться той λ_0 , которая получится в результате расчета“.

Все это подтачивает выводы Л. М. Ланда и лишает их, по моему мнению, достаточного основания.

Теперь продолжим нашу схему расчета радиосети. После установления h_{10} мы, по формуле (1), определяем I_1 , затем находим заряд радиосети, по формуле:

$$Q = I \times \frac{1}{\omega},$$

(где ω —угловая частота) и далее, задавшись напряжением радиосети (вопрос о том, как задаться напряжением—мы здесь освещать не будем), находим требуемую емкость ее, по общеизвестной формуле:

$$C = \frac{Q}{V}.$$

Отсюда легко видеть, что упрек мне в том, что будто бы я забыл о действующей высоте в своей статье, помещенной в ТиТбп № 31—неоснователен.

В самом деле, в указанной статье я затрагиваю вопрос о том, как подобрать размеры радиосети так, чтобы емкость ее имела определенную наперед заданную величину.

Каким образом, на основании каких соображений мы вводим это требование наперед заданной емкости, я постарался показать предыдущим расчетом, из которого уже совершенно ясно вытекает, что действующая высота была мною учтена. И если я не указывал на это в предыдущей статье (в ТиТбп № 31), то лишь потому, что считал вышеуказанный расчет сам собою разумеющимся.

Центральным пунктом при определении основных размеров радиосети является выбор наивыгоднейшей геометрической высоты ее. Этот выбор обычно осуществляется путем рационального составления вариантов¹⁾. Расчет каждого варианта правильнее всего вести в указанном выше порядке. Целью расчета является определение мощности (как

¹⁾ В ТиТбп № 33 помещена антенная работа Н. Н. Циклинского и В. И. Волякина „К вопросу о выборе мощности для радиостанций“, являющаяся продолжением работы Н. Н. Циклинского под тем-же названием в ТиТбп № 15; авторы подходят к этому вопросу аналитическим путем.

$l^2 \times R$; подробнее см. А. Ф. Шорин „Сравнительный экономический расчет различных систем радиостанций и проволочного телеграфа на дальность действия в 1000—3000 клм“. ТиТбп № 14—17), при данном типе сети и высоте мачт. После подобного расчета может оказаться выгодным несколько изменить форму сети, сделав, например, не все мачты одинаковой высоты, что, конечно, повлечет за собою изменение h_0 , l , и т. д. Также, может быть, окажется возможным уменьшить число опор радиосети. При этом полезно на помнить, что сделанные расчеты обладают известною гибкостью благодаря тому, что длина радиосети l не является величиной, твердо заданной, а допускает некоторые изменения. Конечно, эти изменения отразятся на значениях h^0 , l и т. д.

Для наибольшей наглядности во всех этих комбинациях нам бывает важно ближе знать контуры радиосети; тогда-то и окажется полезной приблизительная формула Остина для сетей с горизонтальным крылом.

Для зонтичных-же сетей я позволю себе здесь, в дополнение к моей прежней работе, напомнить формулу Eccles'a, которая в одном выражении дает емкость зонтичной сети (как известно, это вычисление по методу Хоу не отличается большой простотой):

$$C = \frac{0,217 \times n \times b}{n \lg 2h - \lg [\pi (n-1) \times r]},$$

где n —число спиц (лучей) зонтика, b —длина луча, h —высота и r —радиус провода, $\lg$ —логарифм десятичный.

Письмо в редакцию ТиТбп.

По поводу рецензии проф. И. Фреймана. ТиТбп № 33 (декабрь 1925 г. стр. 655—6).

Проф. И. Фрейман, указывая на запоздалость появления моей работы, не упомянул о том, что она была выполнена мной еще в конце 1917 г. и в начале 1918 г. В предисловии к моей работе это обстоятельство отмечено и, кроме того, указано, что вышеупомянутая дата фиксирована исполнением мной основного расчета генератора для фирмы Сименс-Гальске изложенными в моей работе приемами и по формулам в ней-же выведенными.

Таким образом, *запоздалость относится собственно не к моей работе, а к ее опубликованию*. Годы 1917 — 1918 и непосредственно последовавшие за ними, вообще, не были благоприятны для научного издательства: в частности моя работа была начата печатанием лишь в 1924 году.

Однако я позволю себе думать, что и с таким опозданием моя работа не утратила известного интереса современности по следующим основаниям:

1) Некоторые ее части, положения и цифровые данные применимы также и к высокочастотным генераторам незатухающих колебаний: например, глава 6 II-ой части („Расчет обмотки переменного тока и главных размеров генератора“) также, как и часть IV („Порядок и ход расчета и проектирования“).

2) Для некоторых специальных целей генератор-альтернатор затухающих колебаний сохранил свое место в оборудовании лабораторий и электрометаллургических установок.

Искровые передатчики имеют некоторое преимущество при работе короткими волнами (ТиТбп № 28, февраль 1925 г. стр. 94—95).

4) Все еще существуют радиотелеграфные отправительные станции, работающие затухающими колебаниями.

5) Проблема функционирования генератора затухающих колебаний при музыкальном режиме в связи с расчетом и проектированием сама по себе представляет известный академический интерес, принадлежа к трудным и весьма сложным вопросам теоретической радиотехники.

Далее, я не могу согласиться с мнением проф. Фреймана, что самый альтернатор затрагивается в моей работе довольно бегло и в общих чертах. *Цель моей работы заключалась в решении проблем, связанных с особенностями расчета и проектирования альтернаторов средней и высокой частоты по сравнению с обычными машинами индустриального типа.* (См. „Предисловие“ к моей работе). *Только этих особенностей я и касался в своей работе, так как в остальном расчет*

и проектирование совершается на общих с индустриальными машинами основаниях. Оставил я также в стороне расчет прочности быстроходного ротора, так как этот вопрос давно уже решен в теории паровых турбин. Что же касается специальных значений плотности переменного тока и магнитной индукции B в генераторах повышенной частоты, то по этому поводу я уже высказался в статье „Генератор-трансформатор высокой частоты и т. д.“ в № 22 „Титбп“, а также в 1 вып. „Известий и Трудов Русско-Китайского Политехнического Института“. За исключением этих двух вопросов остальные особенности проектирования генераторов повышенной частоты рассмотрены в моей работе.

На сомнения проф. Фреймана, касающиеся достаточности диапазона экспериментальной проверки предложенного мной способа расчета, я отвечаю указанием на то, что произведенные мной испытания относятся к машинам малой мощности от 0,2 до 2 kW, для которых, вообще, точность всякого расчета оказывается меньшей, чем для машин более крупных размеров, и, если при таких наименее благоприятных условиях результаты расчета все же оказались вполне удовлетворительными в отношении точности, то тем более можно быть спокойным за применимость того же способа расчета к генераторам данного типа большей мощности.

К этому общему соображению я считаю полезным добавить еще другое вполне конкретное, приводящее нас к тому же заключению.

Чем крупнее генератор повышенной частоты, тем выше коэффициент полезного действия и тем меньше логарифмический декремент δ генератора вместе с эквивалентной рабочей цепью [см. вып. II-ой „Известий и Трудов Русско-Кит. Полит. Инст.“, моя работа, стр. 55, формула (134); стр. 46, таблица (104); стр. 42, группа выраж. (93)], следовательно, тем меньшее значение будут иметь члены порядка $\frac{\delta^2}{\omega^2}$ и

выше, (где $\delta = f\vartheta$, $\omega = 2\pi f$, $\frac{\delta}{\omega} = \frac{\vartheta}{2\pi}$, а f обозначает частоту эдс генератора), каковыми членами, как общее правило, я пренебрегал в своих выводах, в исключительных случаях отбрасывая изредка члены порядка $\frac{\delta}{\omega}$, а в других сохраняя — иногда — члены порядка $\frac{\delta^2}{\omega^2}$.

Отсюда следует, что точность выведенных мной формул для расчета тем больше, чем меньше ϑ , т. е. чем крупнее генератор, и что доказанная опытом применимость их к генераторам малой мощности тем самым распространяется на машины более крупных размеров.

3 апреля 1926 г.

Гор. Харбин.

Русско-Китайский Политехнический Институт.

Проф. Н. Обухов.

Из иностранной литературы.

А. Шейбе. Параллельное включение отправительных катодных ламп при возбуждении интенсивных коротких волн. — В Phys. Zft, 21, 1, 1920 Баркхаузен и Курцем было описан метод получения коротких электромагнитных волн (длиною от нескольких десятков см до одного метра) при помощи электронных ламп с цилиндрической конструкцией электродов. Для получения таких коротких волн, возникающих за счет колебательного движения электронов около сетки, последней необходимо сообщить положительный потенциал сеточной батареи, а аноду — отрицательный потенциал анодной батареи, соединив другие полюса батарей с катодом. Длина волны электронных колебаний зависит исключительно от величины потенциалов на сетке и аноде, их радиусов и силы тока накала.

А. Шейбе предлагает присоединять к аноду и сетке прямолинейные параллельные резонирующие провода, настраивая их на длину волны электронных колебаний самой лампы. В этом случае по длине резонирующих проводов может расположиться 1, 2 стоячих полу-волн тока и потенциала в зависимости от расстояния между лампой и перемещающимися вдоль проводов отражающими поверхностями (диски диам. 20 см). Расположение на других концах резонирующих проводов второй лампы и их настройка путем изменения длины приводит к симметричной схеме, вдоль которой расположится полная стоячая волна тока и потенциала. Батарейные провода сетки и анода подводятся в этой схеме к середине резонирующих проводов.

Число параллельно работающих ламп можно увеличить, располагая их звездой или соединяя последовательно их сетки и аноды короткими

резонирующими проводами. Конструкция электродов ламп должна быть по возможности одинакова для обеспечения равенства периодов их электронных колебаний.

Исследуя распределение тока вдоль симметричной системы с двумя лампами при длине волны электронных колебаний около 80 см и длине резонирующих проводов в 118 см (расстояние между проводами, установленными из бронзового канатика диам. 2 мм, достигало 25 мм), Шейбе нашел, что вдоль них устанавливается стоячая волна длиной 82 см. Распределение тока изучалось при помощи перемещающейся вдоль проводов резонирующей или аperiодической цепи; индикатором эффекта служил воздушный тепловой термометр с капиллярной трубкой (J. d. d. T. und T., 25, 1925, 12), чувствительностью 10^{-4} вт. Применению этого индикатора взамен термоэлемента или детектора с гальванометром автор приписывает полученную им правильную картину распределения тока вдоль проводов.

Параллельное включение ламп обеспечивает значительное увеличение колебательной мощности. Для двух ламп системы Шотта типа М при E_0 от — 246, 5 до 276 в мощность увеличивается в 2—6,56 раз, возрастая с понижением потенциала на сетке. Мерию колебательной мощности при этих измерениях служили показания гальванометра, связанного последовательно с детектором и резонирующей цепью (провода Лехера), считаемые автором пропорциональными i^2 . Исследование состояло в сравнении мощности, получаемой при работе каждой из ламп в отдельности (вторая с холодным катодом) и при параллельной их работе.

Работа А. Шейбе чисто экспериментальная и является предвари-

тельным сообщением об его исследованиях в области коротких волн.

Н. А. Скрицкий.

Jahrbuch d. d. T. u. T., № 1, 1926.

Техническое описание радиостанции в Рэгби. — Назначение только что построенной радиостанции вблизи Рэгби — поддерживать непосредственную связь между Англией и всеми ее колониями, даже наиболее отдаленными, в течение круглых суток. По целому ряду технических и стратегических соображений место для постройки станции было выбрано в центре страны вблизи небольшого города Рэгби и представляет собой площадь в 365 гектаров. В центре ее находится здание станции, к югу от которого расположены 8 мачт в вершинах неправильного восьмиугольника. К северу от здания расположено еще четыре таких же мачты для трансатлантической телефонной связи. Мачты 250 м высотой металлической конструкции треугольного сечения со стороной треугольника в 3 м. Каждая мачта поддерживается 15-тью оттяжками, расположенными в пять групп по три оттяжки. Мачты изолированы от земли посредством специальных фарфоровых изоляторов. Имеется две независимых сети „колбасного“ типа: большая — емкостью 27000 см, очевидно, для телеграфной работы, и меньшая — емкостью около 21000 см, для телефонной. Передатчик — ламповый, построен по схеме усиления мощности. Первичным генератором является камертон, основная частота которого значительно ниже излучаемой сетью. Колебания, создаваемые камертоном, усиливаются лампой, рабочая точка которой взята вблизи нижнего сгиба характеристики. Это дает в анодной цепи лампы колебания, весьма богатые гармониками. Одна из высших гармоник затем отфильтровывается и усиливается при

помощи каскада усилителей, колебательные контура которых настраиваются в резонанс вольтметром Муллина. Последний каскад состоит из 90 параллельно включенных ламп с водяным охлаждением мощностью 10 kW каждая при анодном напряжении 10000 V. Для получения в сети 500 kW требуется 54 таких лампы. Накал нитей производится трехфазным током с частотой 100 периодов. В цепи накала каждой лампы имеется свой реостат. Отрицательный потенциал на сетку создается машиной постоянного тока. Катушки самоиндукции промежуточного контура и сети намотаны из многожильного эмалированного проводника с числом жил 6561. Контур настроен на волну 1800 м. Анодное напряжение берется от трех 500 kW мотор-генераторных агрегатов, состоящих из трех синхронных моторов и шести генераторов постоянного тока на 3000 вольт каждый, соединяемых последовательно, что дает возможность получения 6000, 12000 или 18000 V. Мотор-генераторы изолированы от земли. Так как корпус моторов находится под высоким потенциалом относительно земли, то питание моторов трехфазным током производится через специальный трансформатор, первичная и вторичная обмотки которого изолированы друг от друга с расчетом на напряжение в 50000 V. В настоящее время станция производит трансатлантические опыты радиотелефонной передачи. Станция работает по схеме излучения только боковых частот, несущая же частота поглощается фильтрами, так что на приемной станции требуется воспроизведение этой частоты местным генератором. Уже установлена непосредственная связь с Америкой, где сигналы от станции Рэгби получаются более сильными, чем от Бордо, до сих же пор станция Бордо давала в Америке наибольшую из всех Европейских станций слышимость.

А. Л.

Wireless World, March 3 rd, 1926.

О распространении коротких волн, посылаемых с корабля „Jacques Cartier“.— Авторы Деламбр и Бюро приводят результаты интересных опытов по распространению коротких волн на большие расстояния.

Во время от 28/X 24 г. и до 30/XII 25 г. было совершено шесть поездок на корабле „Jacques Cartier“ между Францией и Северной Америкой, причем регулярно передавались метеорологические радиogramмы, в определенные часы, при помощи тонального лампового передатчика; на анодах ламп было около 1800 вольт переменного тока частоты 600 ~/сек, а средний анодный ток был около 0,8 А. Длина волны в разных случаях менялась от 115 до 21 метра. Телеграммы принимались во Франции рядом приемных станций, приемные средства которых состояли большей частью из одной детекторной лампы с регенерацией и одной или двух ступеней усиления низкой частоты.

Опыты обнаружили, что в общем ночью передача происходит лучше чем днем, однако в некоторых случаях (при длине волны 115 и 31 метр), была получена связь на очень далеком расстоянии, причем волна проходила большую часть пути при дневном освещении, тогда как ночью установить связь не было возможности. Около времени восхода солнца в испытуемом диапазоне волн было наблюдаемо ослабление, а иногда и прекращение приема. Распространение исследуемых волн оказалось почти независимым от времени года.

Влияние географического расположения передатчика сказалось в следующем. Когда „Jacques Cartier“ находился к югу от большого круга, проходящего через Париж, Большую Мель у Нью-Фаундленда, мыс Гаттерас и залив Техуантепек, связь с Францией была очень устойчива, к северу же от этой границы замечались ослабления и прерывы связи. Эта граница, как было замечено, несколько перемещалась к югу при

более коротких волнах и также изменяла свое положение в зависимости от времени года.

При приеме сигналов одновременно на нескольких приемных станциях, находящихся друг от друга на расстоянии около ста километров, было замечено следующее явление. Сила приема менялась довольно сильно, причем это изменение наблюдалось не одновременно у всех приемников, но поочередно, так как будто бы это колебание силы приема распространялось со скоростью 60 километров в час. Эта скорость совпадает со скоростью распространения метеорологических явлений.

Основываясь на этом, авторы относят причину этих колебаний к изменению состояния тропосферы. В заключение авторы рекомендуют, для изучения распространения коротких волн, одновременное наблюдение как метеорологических явлений, так и изменение силы приема на разных расстояниях.

Н. Петров.

L'Onde électrique, № 50, 1926.

Государственная радиосвязь Англии.

— Реферируемая статья содержит краткое описание станции направленного радиотелеграфирования, которую строит компания Маркони для связи Великобритании с доминионами: Южной Африкой и Канадой. Эта станция является первой попыткой применения коротких волн и направленной радиотелеграфии для государственной и коммерческой связи. Длина волны станции определена в 40 метров. Как излучающая, так и приемная сеть состоит из ряда активных вертикальных прямолинейных антенн, расположенных в одной плоскости и ряда таких же антенн, отстоящих от первых на четверть длины волны и представляющих собою рефлектор. Наибольшее излучение такой системы будет в на-

правлении перпендикулярном к плоскости антенн. Для подвеса антенн сооружены железные решетчатые мачты высотой в 78 м с поперечиной длиной в 27 м. Эти мачты расположены по прямой линии на расстоянии 400 м друг от друга. Длина всей системы равна 975 м. На поперечинах натянуты два стальных троса для подвешивания активных антенн и рефлектора, причем расстояние между тросами зависит от длины волны. Питание активных антенн от генератора производится особой системой, состоящей из медных трубок. К статье приложен ряд фотографий, изображающих мачты для подвеса антенн, а также внутренность передающей станции.

Electrician, Jan. 15 th, 1926.

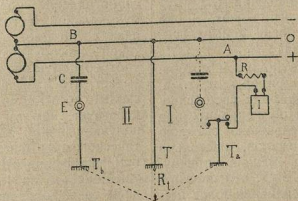
Ридиотелеграфирование по проводам сильных токов.—В течение некоторого времени в разных местах занимались вопросом о радиотелеграфировании вдоль проводов, распределяющих электрическую энергию. Имеющиеся системы позволяют ис-

по отношению к земле.

Применяя сравнительно низкую частоту (50000 — 30000 периодов), мы получаем уже, при большой емкости по отношению к земле, большую утечку тока, как показывает формула: $I = E\omega C$.

В настоящее время возможно решить эту проблему более простыми способами, применяя музыкальный переменный ток—частоты между 150—2000 периодов.

Для того, чтобы описать эту систему, возьмем простой случай: линия постоянного тока с нейтральным проводом, соединяемым с землей. Соединяя точку *A* (черт. 1) положительного или отрицательного полюса с землей T_a через сопротивление *R* и электролитический прерыватель *I*, получаем цепь *I*, замкнутую через землю. Колебания тока, которые получают благодаря этой цепи, ввиду падения напряжения на пути R_1 , представляющем эффективное сопротивление всех заземлений нейтрального провода, создает эдс той же частоты, которая нагружает конденсатор *C*, расположенный параллельно с R_1 между нейтральным проводом и



Черт. 1.

пользовать телеграфные, телефонные линии и длинные воздушные линии высокого напряжения. Но эти системы нельзя было распространить на осветительные линии низкого напряжения, кабели низкого напряжения, ввиду громадной емкости этих линий

к земле. Практика показывает, что даже на обширных линиях с большим количеством заземлений, эффективное значение R_1 не спускается ниже 0,1—0,5 ом; ввиду этого ток в 5 ампер создает на R_1 падение напряжения в 0,5—2,5 вольт. Телефон

E , расположенный последовательно с конденсатором Семкости в 1 м.-ф., дает музыкальный тон, который слышен на большую площадь. Изменения значения сопротивления R_1 , которое мы получаем во время засухи, дождя и т. п., настолько малы, что их влиянием можно пренебрегать. Теоретические рассуждения и практика доказывают, что в обширной сети коэффициент затухания

$$\delta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \text{ в цепи II для частот,}$$

доходящих до 2000 периодов, не велик, ввиду очень малого омического сопротивления проводников и значения R_1 , ввиду заземлений нейтрали и сравнительно большой самоиндукции заземленных кабелей мы видим, что расстояние между пунктами A и B не имеет влияния на силу знаков, что имеет место при сигнализации по проводам с высокой частотой.

Получается еще выгода: цепь приема BT_b связана непосредственно и очень слабо с цепью излучения через посредство R_1 , сопротивления относительно большого и с небольшой емкостью. Ее регулировка R_1 , C и L , которые ее характеризуют, и она может быть настроена на импульсы, приходящие к точке B .

Гармонические динамо и мотора, промежуточные приборы и т. п. производят в телефоне специфический шум, но этот шум сравнительно стойкий и, по сравнению с силой отправляемых сигналов, настолько слабый, что не мешает приему. Практика показывает, что паразитные атмосферные влияния более всего вредят радиотелеграфному приему.

Для получения тока музыкальной частоты, электролитический прерыватель и не удобен, и не надежен: он не дает чистого звука; гораздо лучше использовать ртутную турбину (радиологического типа), увеличивая число сегментов, чтобы получить минимальную частоту в

300. Однако можно сказать, что вообще использование прерывателей, которые сильно расточают энергию (99% теряются в сопротивлении R и в прерывателе, и только 1% используется в сопротивлении R_1), мало рекомендуемо, ибо полученный ток не позволяет произвести настройки приемного контура.

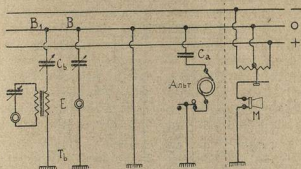
Можно применить очень маленький альтернатор мощности максимум в 100 ватт и частоты в 200 — 2000 периодов, как показывает черт. 2. Подобный альтернатор представляет большую выгоду; его работа устойчива и экономична, он дает чистый звук и дает возможность использовать явление резонанса. В случае машины в 500 периодов и напряжения в 25 вольт, конденсатор может иметь емкость в 20 м.-ф., чтобы дать в цепи излучения силу тока в 2 ампера.

Чтобы увеличить отдачу при понижении напряжения альтернатора, применяют настроенную цепь (черт. 2). В случае 3-х фазной линии, нейтральный провод соединяется с землей, не непосредственно, но через индуктивное сопротивление, полное сопротивление которого для тока музыкальной частоты — десятки или даже сотни омов вместо 0,1—1 ома; такой способ позволяет понизить употребляемую энергию. Опыт показывает, что музыкальный ток в несколько десятых миллиампера лучше действует, чем ток в 5—10 ампер, получаемый при помощи электролитического прерывателя. При нормальном микрофоне M , установленном, как показано на черт. 2, под действием тока, доходящего до 2-х ампер, пение, позывные, и вообще какие-либо разговоры хорошо слышимы в телефоне E ; единственное неудобство, что работа микрофона делается неправильной при таком сильном токе.

Цепь BT_b (черт. 2) — есть простой приемник и известная формула $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \omega C)^2}$ показывает, что для получения острого резонанса

необходимо, чтобы омическое сопротивление было по возможности малым: употребляют телефоны Зейбта, имеющие сопротивление в 30 омов и самоиндукцию в 0,1 Н. Если конденсатор может изменяться от

показывает еще более простую схему. Значение сопротивления изоляции R_i по отношению к земле колеблется от 100 до 100000 ом, что сильно увеличивает отдачу, ибо ясно, что излучающая машина работает поч-



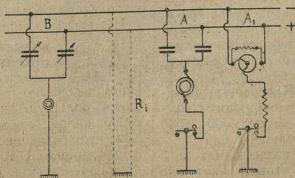
Черт. 2.

0,1 до 1,0 μF (группа конденсаторов или конденсатор с переменной емкостью), то можно иметь в той же линии 3 передающих станции, работающие с частотами 250, 500 и 1000, для 3-х групп приемных станций. В самом деле, в приемнике, настроенном на 500 периодов, ток наивысшей частоты 250 и 1000 будет не более, чем от 0,03 до 0,1 значения тока при частоте 500.

Приемник B_1 дает лучшую возможность настройки и с монотелефоном Зейбта, который годится для частот 450 до 1500, можно отстраиваться от мешающих импульсов и увеличить количество передающих станций.

Для небольших сетей черт. 3

ти в холостую. Вместо маленького альтернатора А и настроенного приемника, можно употреблять шунтовую машину постоянного тока A_1 , например машину в 200 ватт, одна пластина коллектора которой соединена с кольцом; при движении она дает между кольцом и землей переменное напряжение, почти синусоидальное. С двухполюсной машиной при 4500 оборотах в минуту получаем частоту в 75, а машина 4-х полюсная дает 150 периодов, что дает довольно чистый звук; надо выбрать машину с большим числом пластин у коллектора. Последовательно с манипулятором надо ставить сопротивление в 50—200 омов, на случай короткого замыкания между



Черт. 3.

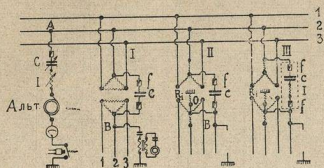
одним из полюсов линии и землей¹⁾.

До настоящего времени мы имели много случаев применения этой системы в линиях низкого напряжения.

Применение для линий 3-х фаз.

I и конденсатор C выбраны так, что цепь $f-f$ настроена в резонанс с частотой альтернатора, т. е. индуктивное сопротивление цепи

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0.$$



Черт. 4.

ного тока с малым напряжением (максимум 5000 вольт) гораздо труднее. Однако черт. 4 дает схему такой установки. Предположим, что альтернатор, приключенный к пункту A линии высокого напряжения дает ток частоты 500 до 1500. Ставится вопрос: каким образом передать этот ток в часть низкого напряжения.

Установка трансформатора 1 мало практична, так как он представляет наибольшую опасность в случае пробоя конденсатора; кроме того емкость C должна быть настолько велика, чтобы приемник мог получить достаточно сильный ток; практически такой конденсатор может выдержать не более 1000 вольт (стеклянный диэлектрик). Трансформатор 2 на первый взгляд представляет большие удобства, так как потенциал точки O равен нулю, благодаря соединению с землей. Можно поэтому применять более тонкий диэлектрик, не боясь опасностей в части низкого напряжения в случае пробоя конденсатора. К несчастью индуктивное сопротивление цепи трансформатора для частот 500—1500 велико и не постоянно.

Только схема трансформатора 3 практична. Индуктивная катушка

Для частоты напр. 1000, L должна иметь 0,25 Н и $C = 0,1$ м.-ф. (один конденсатор и одну катушку легко поставить). Полное сопротивление цепи = омическому сопротивлению катушки I . В зависимости от передатчика A должны быть рассчитаны значения I и C , но они должны быть регулируемы.

Если отдельные части (напр. $f-f$ — цепь трансформатора и приемников) хорошо настроены, то можно, регулируя I и C в месте передачи, компенсировать индуктивное сопротивление, которое возникает в общей цепи (емкость и самоиндукция линии).

Сопротивлением проводов линии пренебрегаем.

Мы видим, что альтернатор низкого напряжения (50 до 100 вольт) может давать в линию значительный ток.

Сила тока в один миллиампер музыкальной частоты заставляет приемник громко говорить. Если мы имеем большую линию мощностью 20000 килов., то можно предполагать, что эта линия имеет 200 трансформаторов со 100 приемниками, приключенными к каждому из них. Каждый трансформатор требует ток в 0,1 ампер, а вся линия 20 ампер.

¹⁾ См. L'onde électrique, № 38, 1925 (S. et A. de Hallowiski).

Описанный выше монтаж представляет большое удобство: цепь, присоединенная к трансформатору, является электрическим фильтром, позволяющим одновременную передачу по различным участкам низкого напряжения или по различным двусторонним соединительным линиям в этих участках. На практике цепь $f - f$ состоит из конденсатора C , катушки L и плавкого предохранителя в 1 ампер, находящегося в металлическом ящике, наполненном маслом. Более подробно эта система описана в журнале *Revue Electro-Radiotechnique, Varsovie*, 19, 1923 и 10, 1924. Первые опыты были сделаны в 1914 г.; прерванные войной, они возобновились в 1920 году. Подробное описание было дано проф. Дизлевским Политехнической школе в Львове.

С 1920 г. в Вильне (пост. ток 220 вольт, мощность 2000 киловатт, подземная кабельная линия, покрывающая участок в 30 квадр. километров) существует много линий, могущих использовать прерывающие аппараты, благодаря их простоте. Такой аппарат имеет воздушный прерыватель, похожий на вращающийся разрядник, и дает музыкальную искру. Изменяя скорость увлекающего его мотора, получаем частоту от 200 до 500 периодов. Излученный ток для вызова не превышает 0,5 ампер (действующих); для передачи достаточно 0,2 ампер (расчет показывает, что максимальное амплитудное значение достигает 2 ампера). При 200 вольт это составляет расход энергии в 500 ватт; мотор, кроме того, расходует 30 ватт; прием можно слушать и без усиления, и это доказывает хорошую отдачу системы. Этот способ не позволяет устанавливать более, чем 3—5 передатчиков на одной и той же линии. Но мы знаем, что передача высокими частотами по воздушным линиям высокого напряжения не позволяет устанавливать большее количество (опыты проф. Фассбендера и Вагнера в Германии), и кроме того следует

считаться с теми трудностями, которые возникают благодаря подземным линиям. До сих пор для секретности передачи употребляли шифр.

Единственное обстоятельство, на что следует обратить внимание, это мешающее действие в телефонных линиях; но 4-х летняя практика показывает, что линии 2-х проводные ничего не чувствуют. В общем эта система дает простой, верный и дешевый способ телеграфных сообщений вдоль линий низкого и весьма низкого напряжения, которые до сих пор для этой цели не использовались. Конечно, он не дает способа телефонирования; но в Нью-Йорке разрешили проблему радиотелефонирования вдоль воздушной линии, применяя излучающую мощность в 250 ватт и принимая на усилители при расстоянии в 10 километров; результат этот мало интересен, и с точки зрения лучшего использования энергии выгоднее принимать просто радиопередачу на рамку, что позволяет увеличить дальность до 50—100 километров.

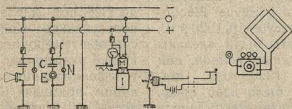
Имеется еще одна область, где указанный выше способ может иметь большое распространение, это для указания времени. Система электрического маятника вообще очень ценна. Однако, эти часы не дают той точности во времени, которой требует лихорадочная жизнь современного дня. Большие центры Европы находятся в привилегированном положении благодаря близости Эйфелевой башни и Наузна. Распространение радиотелефона облегчает эту задачу для всех слушателей Франции и Германии, однако оборудование радиотелефонных пунктов требует издержки и связано с препятствиями.

В прочих частях Европы (Восточная Европа, колонии и пр.) положение хуже. В этом случае на помощь приходит описанная выше система. Она позволяет посылать радиотелеграфные сигналы, принимаемые одним приемником (обсерватория, почта, морской завод и т. п.),

а распространение их вдоль осветительных линий не потребовало бы никаких издержек.

Можно употребить два способа передачи. Черт. 5 дает общую схему установки. Прием сигналов может быть произведен рамкой. Передача может быть от руки. Ртутная турбина работает с частотой 400, ток излучения 5 ампер. Приемник состоит из телефона (500 омов) обыкновенного или телефона, снаб-

Применение катодного усилителя для выслушивания больных. — Современная методика выслушивания (аускультация) сердца и легких неудовлетворительна во многих отношениях. Это обстоятельство заставляло врачей с давних пор искать более совершенных методов изучения больного. Одним из таковых представлялся метод телеаускультации, впервые примененный для выслушивания сердца Гюртелем (Hurthel) в 1895 г.



Черт. 5.

женного металлическим раструбом, для большой площади. Конденсаторы имеют емкость в 0,25 до 0,5 микрофард; предохранитель f телефонного типа на 0,25 ампер. Неоновая лампа N ставится параллельно с телефоном и конденсатором. Ее внутреннее сопротивление почти ничтожно — до 150 вольт на зажимах (потенциал между P и землей изменяется от 0 до 20 вольт); она не дает никакой утечки тока на землю. Но если, благодаря изменениям в осветительной установке, приемник окажется приключенным не к контрольному проводу, но к положительному или отрицательному полюсу, то лампа, зажигаясь, укажет неправильное положение, а равно и провод, соединенный с землей. Ток в приемнике настолько сильный, что его легко усилить и выпрямить через трансформатор и трехэлектродные лампы, чтобы привести в действие прерыватель морзе.

Можно таким образом устроить передачу метеорологических сведений, биржевых сведений и т. д.

Д. Гуревич.

и особенно хорошо разработанный в недавнее время Д-ром Гловэром (Glover). (См. его „L'auscultation électrique etc“, Paris, sine anno, pp. 224). Сущность способа заключается в трансформировании колебаний чувствительной пластинки капсулой микрофона в электрические колебания.

Один из последних номеров французского медицинского журнала „La presse médicale“ сообщает о современных успехах катодной лампы в медицине. Мы имеем ввиду содержательную статью известного французского кардиолога Д-ра Лютенбахера (Lutenbacher), помещенную в № 17 журнала за текущий год.

Автор сообщает об установках Филиппсона (Philippson) и Доджа (Dodge), из которых особенно интересна первая, соединяющая в себе избирательный фильтр (для звуков) и усилитель. Стетофон Филиппсона служит для передачи звуковых феноменов на расстояние и для многих слушателей одновременно (плюриаускультация). Для этой последней цели применяется и стетофон Доджа. Он состоит из электромагнитного

передатчика системы фильтров и трехкратного усилителя. Выслушивание происходит при помощи электромагнитных приемников, к которым каждый присоединяет свой собственный биауральный стетоскоп.

Собственная установка Лютенбахера, разработанная совместно с Гомоном (Gaumont), названа им телекордиофоном. Он сконструирован для изучения звуковых феноменов сердца, среди которых преобладают низкие тона. Телекордиофон пригоден как для непосредственного выслушивания, так и для передачи на расстояние и в аудитории.

Чувствительная пластинка стетоскопа-микрофона может резонировать на очень низкие тона. С наружной стороны, в центре, укреплен металлический диск, плотно соприкасающийся с нутным местом грудной клетки. Вибрирующая пластинка и микрофон соединены в один маленький цилиндрический резонатор. Фильтр состоит из конденсатора и переменной самоиндукции. Для изучения звуков низкой частоты, бывает необходимо пользоваться акустическим стетоскопом, соединяя его с микрофоном.

Для передачи на расстояния Лютенбахер пользуется усилителем большой мощности, ограничиваясь небольшим (напряжение на аноде 40 вольт) усилителем для целей индивидуальной аускультации и плюриаускультации.

Автор отличает частоту передачи звуковых явлений при помощи кардиофона.

Лютенбахер отрицательно относится к передаче работы сердца через громкоговоритель: это сильно изменяет обычные для врача условия выслушивания. Зато им отмечается ценность этого способа при передаче неправильностей пульса (аритмии). Для этой цели можно пользоваться микрофоном, помещаемым на артерии, однако автор рекомендует более удобный способ: он пользуется капсулой осциллографа

Буйита с наручниками (пневматическими).

Передача звуковых явлений на расстоянии (до 700 km) была осуществлена автором в апреле и июне 1925 г. (см. ТиТбп, № 30, стр. 316).

В методе телеаускультации особенно ценным является возможность применения фильтров. Они позволяют выслушивать попеременно компоненты сложных шумов, которые обычно приходится разделять напряжением внимания. При помощи их можно исключать, например, резкий шум, покрывающий более тонкие изменения сердечной работы. Телеаускультация дает также возможность очень точной локализации выслушиваемых феноменов.

Передача звуковых явлений на расстояния может иметь очень ограниченное практическое применение. Она пригодна как передача работы больного сердца в качестве иллюстрации к какому-нибудь докладу. По одним звуковым явлениям ни один врач не сможет поставить диагноза: ему надо „видеть и осязать“ больного. Однако она позволяет следить за ритмом сердечной деятельности пациента во время лечения, и это может быть использовано в широкой практике.

Др. А. Лебединский.

О слышимости в Японии Европейских радиостанций зимой 1925/6 года. — Прием от станции Науэн, работающей на волне 16 м, возможен от 3 часов до 6 часов по Японскому времени (от 18 часов до 21 часа по Гринвичу), т.е. в часы, когда на всем протяжении прохождения радиоволн ночь.

Опыты на волнах 20 и 24 м дали примерно те же результаты. Передача с рефлектором не дала никаких преимуществ.

Работа станции Сент-Ассиз на волне 43 м наиболее слышна в те же часы, т.е. когда на всем протя-

жении прохождения волн ночь; более слабый прием, когда в Европе утро, а в Японии сумерки; совсем слабый прием, когда в Европе день, а в Японии ночь.

Коммерческий прием наиболее слышной станции Сент-Ассиз воз-

можен в Японии зимой в течение 6 часов.

Из станций, работающих на длинных волнах, наиболее слышна Кольтано, передающая машиной высокой частоты в 500 квт.

С. Горленко.

ИСПРАВЛЕНИЯ.

ТиТбп № 34.

К статье В. К. Виторского: „Нестационарные состояния колебательного контура, настроенного в резонанс на частоту питающего альтернатора“.

Стр.	Строка.	Напечатано.	Должно быть.
6	11 св.	$i_{ct} = \frac{E}{Z} [\sin(\omega t - \varphi) -$	$i_{ct} = \frac{E}{Z} \sin(\omega t - \varphi) =$
7	6 св.	определим φ_1 .	определим $\sin \varphi_1$.
8	6 св.	где $k = 0, 2, 3, \dots$,	где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$,
8	Черт. 2	$(I_2)_{min} = \sqrt{\frac{\omega}{\omega - \alpha}}$	$(I_2)_{min} = I_{ct} \sqrt{\frac{\omega}{\omega + \alpha}}$
11	5 св.	$\lambda = 10000 \text{ см};$	$\lambda = 10000 \text{ м};$

Издание Нижегородской Радиолaborатории имени В. И. Ленина.

Тираж 1000 экз — Гублит. 147.

Печатание ТиТбп № 2 (35) закончено 25 мая 1926 года.

Н.-Новгород, Радионабережная, 8.