



№ 13. МАРТ 1922.

Издание Нижегородской Радиолaborатории.

СОДЕРЖАНИЕ.

О начальной проницаемости железа в полях радиочастот. <i>Б. Введенского и К. Теодорчика</i>	248
Расчет радиотелеграфных мачт. <i>С. Я. Турлыгина</i>	266
Динамические постоянные воздушного провода. <i>Д. А. Рожанского</i>	293
Об эквивалентной схеме радиосети. <i>И. Г. Фреймана</i>	303
Об одной новой схеме усилителя с катодными лампами. <i>К. И. Шенфера</i>	307
Люберецкая радиостанция многократного приема. <i>В. И. Баженова</i>	310
Работа по радио быстродействующими и буквопечатающими аппаратами. <i>А. Ф. Шорина</i>	318
О незатухающих колебаниях связанных вибраторов. <i>В. Татаринова</i>	324
Библиография. Из иностранной литературы. Хроника. Опечатки	328

О начальной проницаемости железа в полях радиочастот.¹⁾

Б. Введенского и К. Теодорчика.

1. Введение. — Вопрос о магнитной проницаемости железа в быстропеременных полях и поныне нельзя считать решенным, несмотря на значительное число относящихся сюда работ. То обстоятельство, что предыдущие авторы за немногими исключениями охватывали в своих исследованиях весьма небольшую часть электромагнитного спектра, работали с полями самой разнообразной силы и с материалом, который в отдельных случаях мог проявлять вследствие различия в химическом составе и обработке резко индивидуальные свойства, делает результаты большинства работ сравнимыми между собой лишь с большими ограничениями²⁾. Значительное число октав охватывают лишь работы Шамеса³⁾ (1908), доходившего в сторону коротких волн до $\lambda = 1300$ метров и работы Аркадьева⁴⁾ (1912), работавшего в интервале от $\lambda = 1,3$ см до 72 см. Детальное исследование интервала от λ прилб. $= 50$ м до λ прилб. $= 1000$ м. представлялось весьма интересным, между прочим, как средство осветить с новой точки зрения исследовавшееся одним из нас⁵⁾ явление запаздывания размагничивания железа (магнитная вязкость), так как наблюдаемые времена уменьшения намагничивания железа до половины начальной величины (порядка 10^{-6} до 10^{-7} сек), становясь на "точку зрения Аркадьева⁶⁾ относительно существования собственных периодов элементарных магнитов (магнетонов), можно бы было объяснить существованием собственных периодов также и в области сравнительно длинных волн, соответствующих

¹⁾ Доложено 25 мая 1921 г. на заседании Секции Физики и Электротехники Научно-Технической комиссии Н. Т. О., 2 июня — на заседании Физ. О-ва им. П. Н. Лебедева и 5 июля — на заседании ГОРИ.

²⁾ Критический обзор относящихся сюда работ см. В. Аркадьев, "Телеграфия и Телефония без проводов" № 7, 1929.

³⁾ L. Schames, Ann. d. Phys., 27, p. 64, 1908.

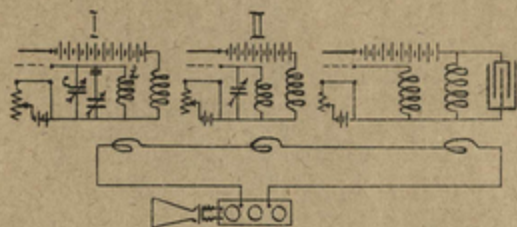
⁴⁾ В. Аркадьев, Ж. Ф.-Х. О. 44, стр. 165, 1912.

" " Ann. d. Phys. 45, p. 133, 1914; 58, p. 105, 1919.

⁵⁾ Б. Введенский, "О скорости размагничивания железа" (изв. в Научн. Изв.), см. также Ann. d. Phys., 64, p. 609, 1921.

⁶⁾ В. Аркадьев, Ж. Ф.-Х. О. 45 стр. 312, 1913.

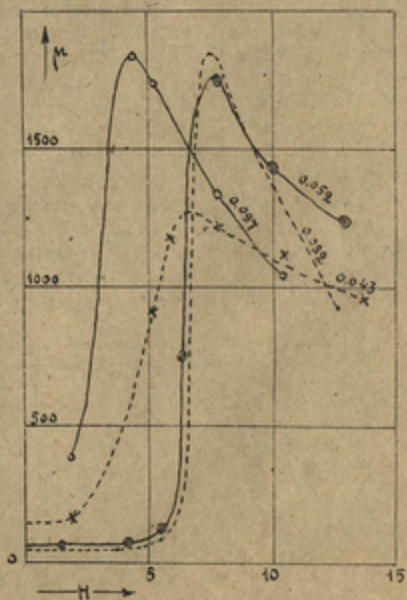
" " Phys. Z. S., 14, p. 928, 1913.



черт. 1.

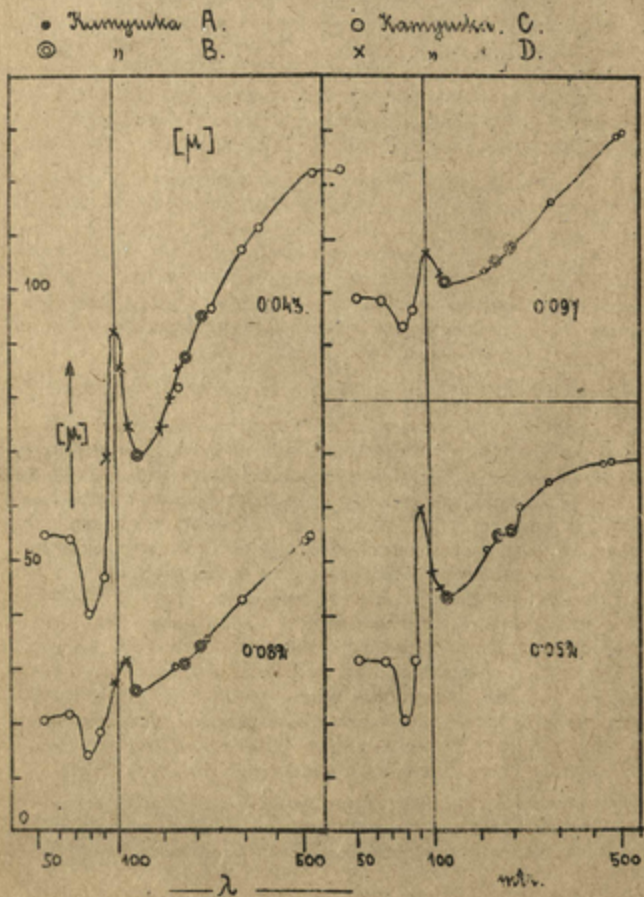


черт. 2.



черт. 3.

в составе: Г. Бегенкова и Н. Тивогарника.



черт. 5.

указанным временам размагничивания, т. е. в определенном выше интервале. Следовательно проницаемость должна в этом интервале иметь некоторый аномальный ход.

Исходя из этих соображений, мы произвели исследование магнитной проницаемости четырех образцов железной проволоки, изменявшихся уже ранее при исследовании магнитной вязкости. При этом мы воспользовались произведенной нами установкой с термийонными лампами для измерения малых изменений самоиндукции, производимых введением в катушку колебательного контура термийонного генератора небольшого (4—6, смотря по толщине) числа проволок. При максимальном намагничении влияние концов было даже у наиболее толстых ($d = 0,097$ мм) проволок при общей для всех проволок длине в 15 см исчезающе малым. При имевшемся налицо слабом напряжении поля (см. § 6) наблюдаемая проницаемость должна считаться начальной.

Полученные непосредственно из опыта величины (μ) искажены в первую очередь экранирующим влиянием токов Фуко (§ 7); приводимая в качестве результатов величина „ μ “, исправленная на влияние токов Фуко, все же представляет из себя лишь функцию двух основных, характеризующих ферромагнетизм, величин: истинной проницаемости μ и магнитной проводимости ρ . Подсчет μ и ρ в отдельности возможен лишь при принятии в основу некоторой определенной теории и не входит в поставленную нами себе задачу.

Измерения производились в полях незатухающих колебаний.

2. Метод. — В основе метода лежит хорошо известный в радиотехнике прием получения в телефоне слышимого звука путем одновременного воздействия на него двух производимых термийонными генераторами незатухающих электрических колебаний высоких и весьма мало различающихся друг от друга частот („метод биений“). Ничтожная расстройка одного из производящих колебания высокой частоты контуров, вызываемая малым изменением емкости C или самоиндукции L в нем, обнаруживается изменением высоты разностного тона (биений). Для количественной оценки этого изменения мы воспользовались¹⁾ наложением на разностный тон звука, производимого действием на тот же телефон третьего генератора звуковой частоты, способной давать „вторичные“ биения с разностным тоном; расстройка одного из генераторов высокой частоты, вызываемая изменением L или C , сказывается в изменении числа слышимых в одну секунду „вторичных“ биений. Поступающий в телефон ток усиливался термийонным усилителем.

Общая схема установки представлена на черт. 1 (стр. 249); колебательные контуры в обоих термийонных генераторах высокой частоты 1 и 2 для большего постоянства режима оказалось выгодным включать

¹⁾ L. Pungs u. G. Freuner, Phys. Zs. 20, p. 543, 1919.

в цепь сетки; для достижения той же цели приходилось определенным образом подбирать сопротивления в цепи накала, поддерживая в общем напряжение на нити лампы около 3,5 вольт.

Термионные генераторы. В звуковом генераторе емкостью служил слюдяной конденсатор в 0,2 микрофарды; самоиндукцией в цепи цилиндра (колебательный контур) служил эталон в 0,1 генри, в цепи сетки—эталон в 1,0 генри.

Генераторы высокой частоты, построенные аналогично, имели в качестве емкостей в различных случаях: конденсаторы слюдяные, с выдвижным стеклом типа Нернста и переменный воздушный конденсатор Гердье¹⁾. Обмотка катушек самоиндукции состояла из одного слоя эмалевого канатика из 50 изолированных, известным образом перевитых медных проволок диаметром 0,08 мм с общей двойной шелковой оплеткой (Drahtlitze), навивавшегося более или менее плотно на картонный или эбонитовый цилиндр; по два цилиндра помещались коаксиально, (катушка колебательного контура внутри) и обливались воском для предупреждения взаимного смещения отдельных частей. Данные катушек приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1.

Константы катушек.

Катушка.	С е т к а.					Ц и л и н д р.				
	l см	n	S мм ²	R ом	10 ⁻³ Lсм	n	S мм ²	R ом	10 ⁻³ Lсм	
A	6	60	2865	0,800	88,5	68	4301	0,92	427,2	
B	5	50	1984	0,313	36,6	55	3019	0,52	205,1	
C	4	9	1740	0,141	4,7	12	3959	0,182	12,4	
D	5,3	23	1301	0,218	18,8	36	2376	0,287	38,7	

Ток накала в каждом из контуров доставлялся отдельной аккумуляторной батареей на 4 в. с емкостью в 70—80 амп/час. Ток цилиндра доставлялся: в звуковом генераторе батареей в 60 вольт; в генераторе, высокая частота которого оставалась за время опыта неизменной, — батареей в 24 в и в третьем, „измерительном“ генераторе — батареей в 24 в при работе на длинных волнах и батареей в 74 в при работе на коротких волнах.

¹⁾ За предоставление этого конденсатора мы весьма признательны преп. Моск. Унив. В. И. Баранову.

Все три контура действовали на четвертый, не содержащий конденсатора и приключенный к трехкратному термийному усилителю трансформаторного типа (3 *ter*), включенному на высокую частоту. Связь у радиогенераторов обеспечивалась четырьмя витками, помещенными на цилиндре катушки сетки; катушка связи со звуковым генератором состояла из восьми витков и могла перемещаться.

Для устранения вредной связи с телом наблюдателя нам пришлось отказаться от обычного типа надеваемого на голову телефона, соединенного с усилителем. Биения удалось сделать слышимыми на значительном расстоянии присоединением к телефону рупора.

Для устранения случайных изменений емкостей и самоиндукций все части приборов, а также подводящие провода были прочно укреплены. Измерения, заключающиеся в наблюдении вторичных биений и перемещении стекла компенсационного конденсатора (см. § 3) для устранения влияния тела наблюдателя производились с расстояния около трех метров от радиогенераторов и около двух метров от телефона и усилителя, с какой целью шкала компенсационного приспособления была вынесена при посредстве стеклянного стержня на особый стол. При таком устройстве удалось обойтись без электростатической защиты всей установки.

Относительная величина чувствительности метода биений определяется, как нетрудно видеть, выражением

$$\frac{\Delta n_{\text{мин}}}{n},$$

где $\Delta n_{\text{мин}}$ есть наименьшее изменение числа биений в секунду, еще улавливаемое ухом. В указанной выше установке $\Delta n_{\text{мин}}$ не больше 1, что при n (число колебаний радиочастоты) равном 10^6 в сек дает относительную чувствительность порядка одной миллионной измеряемой величины емкости или самоиндукции. Для малых изменений емкости и самоиндукции ΔC и ΔL получаем из формулы¹⁾ для числа колебаний:

$$\frac{2 \Delta n}{n} = - \frac{\Delta C}{C} \cdot \frac{1}{1 - \frac{R^2 C}{4L}}$$

$$\frac{2 \Delta n}{n} = - \frac{\Delta L}{L} \cdot \left(1 + \frac{R^2 C}{4L}\right).$$

¹⁾ Здесь принята обычная формула Томсона. При более точном подсчете (см. H. Möller, Elektronen röhren, стр. 82 и далее) можно убедиться, что вызванный затуханием поправочный член не больше такового в формуле Томсона.

В нашем случае при самой невыгодной комбинации (не осуществимой в установке), т.е. при $C = 1000 \text{ см} = 10^{-17} \text{ эл.-м. ед.}$, $L = 5000 \text{ см}$ и $R = 1 \text{ ом} = 10^9 \text{ эл.-м. ед.}$ для величины $R^2C/4L$ имеем значение $5,5 \cdot 10^{-5}$, так что окончательно без ощутимой ошибки можем положить:

$$2 \frac{\Delta \pi}{\pi} = - \frac{\Delta L}{L} = - \frac{\Delta C}{C}. \quad (1)$$

На основании этих соотношений по величине $\Delta \pi$ можно оценивать величины изменений ΔL и ΔC . Мы, однако, пользовались биениями лишь как указателем синхронизма, компенсируя происходящее от внесения в катушку самоиндукции колебательного контура изменения самоиндукции ΔL соответствующими изменениями емкости ΔC , приводя таким образом расстроившуюся систему к прежней частоте. В этом случае мы, очевидно, имеем:

$$\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{(L + \Delta L) \cdot (C + \Delta C)} - \frac{R^2}{4(L + \Delta L)^2}.$$

Вследствие малости величин $\Delta C/C$ и соответственно $\Delta L/L$, производя очевидные упрощения, получим:

$$\frac{\Delta L}{L} \left(1 - \frac{R^2 C}{2L}\right) = - \frac{\Delta C}{C},$$

что, в виду указанной выше малости $R^2C/2L$, дает окончательно:

$$\frac{\Delta L}{L} = - \frac{\Delta C}{C}. \quad (2)$$

3. Компенсация.—Для достижения требуемых изложенным в конце § 2 методом компенсации весьма малых, но надежно измеримых изменений емкости ΔC применялась компенсационная система из двух последовательно соединенных конденсаторов: переменного конденсатора Нернста с почти совершенно точно линейным графиком емкости (емкость от 106 до 210 см) и весьма небольших размеров воздушного конденсатора, состоящего из двух массивных латунных пластинок $1,7 \times 3,0 \text{ см}$ на расстоянии ок. 0,1 мм друг от друга, прочно смонтированных на эбоните. Емкость C такой системы, выражающаяся через емкости обоих конденсаторов, большого— C и малого— x , формулой:

$$C = \frac{Cx}{C+x}, \quad (1)$$

может, очевидно, изменяться при сравнительно значительных изменениях C на весьма малые величины ΔC , которые, тем не менее, могут быть вычислены вполне точно, при точном знании графика емкости C и величины неизменной емкости x или также определены градуировкой с промежуточным вычислением.

Градуировка конденсатора Нернста производилась так: в один из радиоконтуров включались параллельно три конденсатора Нернста 1, 2 и 3 (звуковой генератор исключался). Выдвинув стекло 1, вдвинув 2 и установив 3 где-либо посредине шкалы, изменением частоты второго радиоконтура добивались получения первичных биений, которые затем устанавливались на начало низкого тона. Давая стеклу 3 смещение $+10$ мм по шкале, выдвигали 2 до восстановления прежнего режима звука, чем изменение емкости конденсатора 2 сравнивалось с изменением в конд. 3; давая стеклу 3 перемещение -10 мм, компенсировали его вдвиганием стекла 1 и т. д. Определив далее емкости конденсатора 1 или 2 при двух крайних положениях стекла, строили точный график обоих конденсаторов.

Для градуировки компенсационной системы последняя включалась на место конденсатора 1, причем в конденсаторе 2 нормальное стекло было заменено узкой стеклянной полоской шириной в 3,5 мм, предварительно проградуированной описанным приемом. Полученная таким образом диаграмма, представлявшая согласно формуле 1 отрезок гиперболы, служила для определения величин ΔC при обработке измерений.

Относительно проверки правильности градуировки см. § 8. Градуировка поверялась в течение хода исследования. Диапазон компенсационной шкалы соответствовал 0,510 см емкости.

4. Электростатическая защита. Железные проволоки. — Вредные изменения емкости при внесении внутрь катушек самоиндукции испытуемых образцов железных проволок устранялись электростатическим экранированием при помощи стеклянного сосуда с двойными стенками, между которыми наливался раствор серной кислоты¹⁾. Сосуд помещался внутрь катушки (черт. 2 стр. 249), и в его полость вносился испытуемый образец. Внесение внутрь сосуда немагнитных плохопроводящих тел, как то отрезок стеклянной трубки, вода, и даже кусок эмалевого канатика, совершенно не влияло на число слышимых в секунду биений.

Исследуемые железные проволоки диаметром $d = 0,097, 0,082, 0,052$ и $0,043$ м были взяты из тороидов, применявшихся ранее при исследовании магнитной вязкости; наиболее толстая проволока $d = 0,097$ мм была взята непрокаленной. Проволоки, длиной в 15 см

¹⁾ Falkenberg, Ann. d. Phys. 61, p. 167, 1920.

наклеивались сургучем вдоль образующих стеклянных трубок длиной в 19 см и диаметром 6 мм, оттянутых на конце в виде крючка. Число наклеенных проволок составляло в зависимости от их толщины от четырех до шести.

Три наиболее тонких проволоки были прокалены в токе CO_2 ; их диаметр измерялся путем счета интерференционных полос натриевого пламени. Данные для четырех исследованных образцов приведены в таблице 2. В качестве характеристики магнитных свойств проволок на черт. 3 (стр. 249) приведены кривые их проницаемости в постоянных полях.

ТАБЛИЦА 2.

Образцы железных проволок.

О Б Р А З Е Ц.	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Число проволок	6	5	5	4
Диаметр d мм	0,043	0,052	0,082	0,097
Общая площадь сечения $S \cdot 10^4$ мм ²	87,1	106	264	294
Проводимость 10^5 эл.-м. ед. . .	6,59	6,29	6,76	7,70

5. Определение величины длин волн и действующих емкостей.— Длины волн, большие 100 метров, определялись прецизионным волномером К⁰ Маркони с прерывающимся контактом (тиккер) в цепи телефона.

Измерение коротких волн основывалось на замеченной нами способности двух термионных генераторов, действующих на приключенный к усилителю аperiодический контур, давать слышимый тон биений не только вблизи точки синхронизма, но и в целом ряде других точек. Наиболее интенсивны биения в точках, в которых отношение частот обоих генераторов близко к целым числам. При коротких волнах ($\lambda < 100$ м) слышимы только эти „кратные“ биения, так что разности двух соседних длин волн, дающих биения с колебанием, длину волны которого λ_0 желательнее измерить, непосредственно дают λ_0 . Всегда наблюдалось (по волномеру) от пяти до шести последовательных длин волн и бралось среднее из незначительно разнящихся друг от друга значений λ_0 . Порядок этой величины можно было поверить по формуле Томсона, зная самоиндукцию катушки и принимая за действующую емкость таковую приключенных конденсаторов.

Для определения фактически действующей при данной длине волны емкости C измерялись длины λ_0 и λ двух волн, причем пере-

ход от одной к другой обуславливался присоединением известной емкости C_1 . Тогда из соотношений

$$\lambda_0 = 2\pi \sqrt{LC} \text{ и } \lambda = 2\pi \sqrt{L(C + C_1)}$$

(C и L выражены в сантиметрах) величина действующей емкости C получается в виде:

$$C = C_1 \cdot \frac{\lambda_0^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$$

Оставляя λ_0 неизменным и меняя λ , получаем ряд значений для C , что позволяет определить C с удовлетворительной точностью. Результаты измерения C на катушке A , равно как и результаты для остальных катушек, представлены в виде графика на черт. 4 (стр. 259), где, при логарифмическом масштабе по ординатам и абсциссам, графики прямолинейны.

6. Определение напряжения магнитного поля.—С помощью квадрантного электрометра малой емкости в идиостатическом включении определялась эффективная разность потенциалов V на борнах конденсатора C (черт. 1). Тогда средняя за четверть периода сила тока I в катушке самоиндукции L , присоединенной параллельно C , будет:

$$I = \frac{4\sqrt{2} \cdot V \cdot C}{T} = \frac{4\sqrt{2} \cdot C \cdot V}{\lambda} \cdot 3 \cdot 10^{10} \text{ эл.-м. ед.,}$$

причем T —период, соответствующий длине волны λ , и C —действующая емкость. Среднее напряжение поля в середине катушки (наибольшее значение) H вычислится по числу оборотов проволоки n_1 на 1 см длины катушки ($n_1 \ll 10$) так:

$$H = 4\pi n_1 I = \frac{16\pi n_1 \sqrt{2} C V}{\lambda} \cdot 3 \cdot 10^{10} \text{ гаусс,} \quad (1)$$

или, если выразить V в вольтах, C в см и λ в метрах:

$$H = \frac{16\sqrt{2} \cdot \pi n_1 C V}{3\lambda} 10^{-4} \text{ гаусс.} \quad (1^1)$$

Измерения производились с катушкой A при λ от 170 до 1000 метров и при различной интенсивности накала волоска. Наличие колебаний контролировалось присутствием биений. Отсчеты электрометра,

производившиеся трубкой и шкалой, были проградуированы по прецизионному вольтметру и производились методом чередующихся отсчетов при наличии колебаний и при их отсутствии (выключение накала лампы). Величины C брались по графику емкостей (черт. 3).

Табл. 3 представляет результаты для катушки A при четырех различных значениях λ и при различном накале волоска.

ТАБЛИЦА 3.

Напряжение переменных магнитных полей в катушке A .

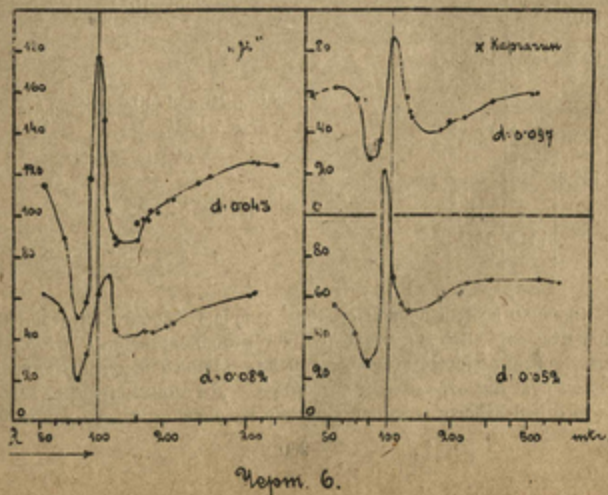
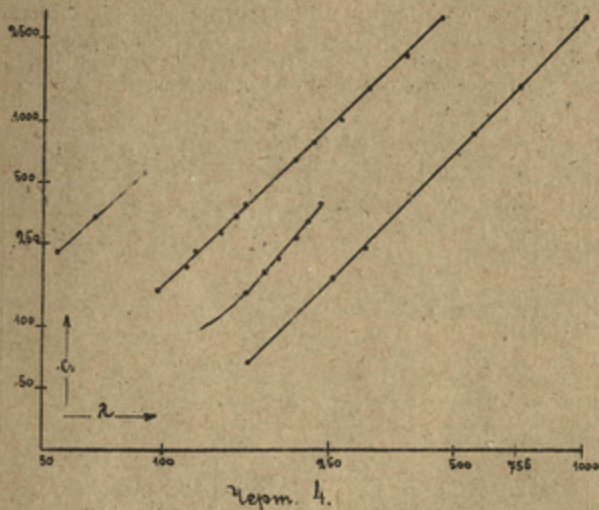
λ метры	170	300			600		1000
E накала (вольты)	4	4	3,75	3,5	4	3,5	4
Отклонения электрометра	< 0,05	0,47	0,20	< 0,05	1,0	0,05	0,05
V вольты	< 1,2	4,5	2,7	< 1,2	6,4	1,2	1,2
C см.	78	254	254	254	1000	1000	3160
$H \cdot 10^2$ (гауссы) . . .	< 1,3	9,1	5,4	2,4	25	4,7	9,0

Отклонения при катушке C (наиболее короткие волны) были меньше 0,05 мм даже при наиболее сильном накале. Из таблицы 3 видно, что напряжение поля лишь вблизи оптимума генерации достигает 0,25 гаусса. Так как измерения велись исключительно при среднем накале (см. § 8), то $\dot{H}$ не могло превышать нескольких сотых гаусса. Кроме того, величины H , определенные по приближенным формулам (1) и (1'), являются лишь верхним пределом и показывают, что все исследование велось в слабых полях, граничащих с областью отсутствия гистерезиса¹⁾, и что наблюдаемая проницаемость действительно является начальной. Поле пульсирующего тока в цилиндре не могло существенно изменить результатов, так как средняя, измеренная микроамперметром сила этого тока не превышала $5,4 \cdot 10^{-4}$ ампера, а напряжение создаваемого им поля — $7 \cdot 10^{-2}$ гаусса.

7. Измерения и их обработка. — Производство измерений было таково: компенсационная система устанавливалась на минимум числа слышимых в секунду биений, причем точность установки по снабженной ионисмом шкале без труда достигала 0,1 мм. Один из работающих подходил к установке, вводил испытуемый образец в защитный сосуд

¹⁾ Lord Rayleigh. Phil. Mag. 23, p. 225, 1887.

К эмаль: Г. Бегенкова и Н. Тимогонина.



катушки и снова уходил на 3—4 метра. Затем следовал рабочий отсчет, образец вынимался из катушки, следовал „нулевой“ отсчет. За нулевое положение всегда принималось среднее из двух нулевых отсчетов до и после измерения, чем учитывалось медленное самопроизвольное смещение нуля. Пример протокола для наиболее коротких волн приведен в таблице 4, где первые три отсчета произведены одним наблюдателем, следующие три — другим. Для производства отдельного измерения требовалось около 30 секунд времени.

ТАБЛИЦА 4.

0	145.9				
+	130.6	145.0	14.4	$d = 0,043 \text{ мм}$	
0	144.0				
+	129.2	143.3	14.1	$\lambda = 54 \text{ метра}$	
0	142.6				
+	128.4	142.3	13.9	$-\Delta C = 0,061 \text{ см}$	
0	142.0			$C = 229 \text{ см}$	
0	141.8				
+	126.4	140.9	14.5	$-\frac{\Delta C}{C} = 2,66 \cdot 10^{-4}$	
0	140.0				
+	125.5	139.8	14.3		
0	139.5			$4 \pi / H = \frac{2,66 \cdot 10^{-4} \cdot 1740}{87 \cdot 10^{-4}} = 53,3$	
+	125.1	139.4	14.3		
0	139.3			$[\mu] = 54,3$	
		141.8	14.3		

Знаки 0 и + в первом столбце означают соотв. нулевой и рабочий отсчеты. Второй столбец дает непосредственные отсчеты по шкале, третий — нулевые положения для данного измерения (среднее из двух нулевых отсчетов) и четвертый — „отклонения“, т.е. разности рабочего и нулевого отсчетов. Средние из чисел третьего и четвертого

столбцов дают средний нуль и „среднее отклонение“; эти числа по рабочему графику компенсационной шкалы (§ 3) дают величину изменения емкости ΔC , компенсирующее изменение самоиндукции ΔL , вызванное внесением железной проволоки в катушку. Из соотношения (2) § 3 и из соотношения:

$$L + \Delta L = \frac{1}{m} \cdot [\mu] L = L (1 + 4 \pi H),$$

где m — величина, обратная коэффициенту заполнения сечения катушки железом, равная отношению сечения катушки S и общего сечения всех вводимых при опыте проволок $\bar{S}$: $m = \frac{S}{\bar{S}}$, а H — магнитная восприимчивость, следует:

$$4 \pi H = [\mu] - 1 = -m \cdot \frac{\Delta C}{C}.$$

Определяемая отсюда проницаемость $[\mu]$ меньше действительной вследствие экранирующего действия токов Фуко. Ценнеком¹⁾ дано соотношение:

$$[\mu] = \frac{\mu^*}{\sqrt{\left(\frac{W_m^{-1}}{W_m}\right)^2 + \left(\frac{\nu p_m}{W_m}\right)^2}},$$

из которого можно вычислить исправленную на токи Фуко проницаемость μ^* , зная величины: наблюдаемую проницаемость $[\mu]$, частоту колебаний ν , динамическое магнитное сопротивление и самоиндукцию W_m^{-1} и p_m , и статическое магнитное сопротивление W_m . По кривым Ценнека²⁾, дающим величины $\frac{W_m^{-1}}{W_m}$ и $\frac{\nu p_m}{W_m}$ в зависимости от параметра

$$x = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{\pi \mu^* \sigma \nu}{2}} \text{ эл.-м. ед.,}$$

где d — диаметр проволоки и σ — ее электропроводность, была построена кривая функции

$$\sqrt{\left(\frac{W_m^{-1}}{W_m}\right)^2 + \left(\frac{\nu p_m}{W_m}\right)^2},$$

¹⁾ J. Zenneck, Ann. d. Phys. 9, p. 497, 1902.

²⁾ J. Zenneck, Ann. d. Phys. 11, p. 1135, 1903.

помощью которой последовательным приближением и определялось „ μ “.

Для покрытия интервала от $\lambda = 705$ метров до $\lambda = 54$ метра пришлось применить четыре различных пары катушек, границы диапазонов которых заходили друг за друга или в случае наиболее коротких волн, вплотную смыкались. На кривых черт. 5 (стр. 250) соответствующие различным катушкам точки обозначены различно.

8. Возможные источники ошибок. Контрольные измерения. —

1. Непостоянство нуля не сказывалось заметным образом, так как аккумуляторы накала работали на устойчивой части разрядной кривой, и лампы всегда зажигались приблизительно за час до производства наблюдений. Необходимым условием устойчивости являлось отсутствие тряски в здании и работа при закрытых окнах (устранение токов воздуха). Однако даже и при смещающемся нуле, благодаря методу чередующихся отсчетов, возможно было достижение значительной точности путем вычисления ΔC из каждого отдельного наблюдения, как то показывает табл. 5.

ТАБЛИЦА 5.

Средн. нуль.	Отклонения.	ΔC .
147,5	58,2	0,3160
145,1	55,3	0,3145
143,3	55,9	0,3195
138,5	53,2	0,3130

Среднее $\Delta C = 0,3159 \pm 0,00038$.

2. Табл. 5 показывает также достаточность точности рабочего графика компенсационного приспособления (§ 3).

3. Так как при применявшейся форме катушек (почти квадратное осевое сечение) могла оказаться неравномерность поля внутри их, то были произведены контрольные опыты, причем в защитный сосуд катушки (см. § 4) вносились попеременно: образец № 1 (шесть проволок $d = 0,043$ мм) и стеклянная рамочка, высотой в 16 см и шириной в 2,5 см, на каждой из длинных сторон которой были прикреплены по три проволоки $d = 0,043$ мм. Результаты измерений представлены на табл. 6, где „ ρ “ означает рамку.

ТАБЛИЦА 6.

Об'ект.	№ 1.	р.	№ 1.	р.	№ 1.	р.	№ 1.	р.
Среди. нуль	133,5	136,0	139,4	139,5	137,2	136,5	135,9	135,8
Отклонение	22,0	23,0	23,4	23,3	22,6	22,4	22,4	22,3

Так как измерения дают почти одни и те же числа, как для случая, когда (при внесении образца № 1) проволоки располагались вблизи оси катушки, так и для случая рамки, когда они были ближе к обмотке катушки, то на вопрос о влиянии неравномерности поля приходится ответить отрицательно.

4. Особому исследованию были подвергнуты диэлектрические свойства стекла компенсационной системы, так как аномалии в зависимости диэлектрической постоянной стекла от длины волны могли создать ложное представление о ходе проницаемости. С этой целью измерялась описанным выше (§ 3) методом емкость (а следов. и диэлектрическая постоянная) стекла в компенсационной системе при различных значениях λ , но зависимости E от λ обнаружено не было.

5. Обертонов заметной т. е. обнаружимой волномером с тиккером амплитуды не было.

6. Установка была проверена еще следующим опытом: вместо железной проволоки в катушку вводилась замкнутая спиралька из немагнитной проволоки, что давало эффект противоположного знака (кажущийся диамагнитный эффект). Кривая зависимости этого эффекта от длины волны оказалась вполне плавной, совершенно отличной от наблюдаемых кривых $[\mu]$, т. е. не имела никаких резких изгибов. Как и следует из теории для данного случая „диамагнитный эффект“ возрастает с уменьшением длины волны.

9. Результаты. — Проницаемости $[\mu]$ и „ μ “ определялись для проволок диаметром 0,043, 0,052, 0,082 и 0,097 мм. Исследование более толстых проволок было пока оставлено, ввиду слишком значительного влияния токов Фуко.

Точность приведенных результатов оценивается следующим образом: случайные вероятные ошибки в определении ΔC (см. §§ 7 и 8) составляют около 0,3%; значительнее ошибки в определении действующей емкости C (см. § 5), но они не превышают в исключительных случаях 2%, в большинстве же случаев 1%.¹⁾ Так как ошибки в

¹⁾ Очевидно, что возможные ошибки в эталоне, служившем для определения всех, применявшихся емкостей, не могут отразиться на результатах, в которые входит лишь отношение емкостей.

определении площадей сечений железных проволок и катушек ничтожны, то числа для $[\mu]$ определены с точностью не меньшей 2%.

Вычисления, имеющие целью учет влияния токов Фуко, не вносят новых ошибок, поскольку об этом можно судить по обоим известным предельным случаям для $x \ll 1$ и для $x \gg 1$ ¹⁾.

Ошибки в определении длин волн, о чем можно судить напр. по точности в определении действующей емкости, также не должны превосходить 2%.

Черт. 5, (стр. 250) дает кривые неисправленной на токи Фуко проницаемости $[\mu]$. Уже и эти кривые являют все характерные для добытых результатов черты: начиная от длинных волн замечается падение проницаемости, к коротким волнам снова начинается подъем, посредине, вблизи $\lambda = 100$ метров, обозначается характерный извив, по форме близко напоминающий ход кривой оптического показателя преломления в полосе поглощения. Эти свойства тем более резко выступают, чем менее значительно действие токов Фуко, и проявляются вполне отчетливо на кривых проницаемостей „ μ “ исправленных на токи Фуко (черт. 6 стр. 259). „Полосы поглощения“ принимают при этом почти тождественный, не зависящий от диаметра проволоки вид, поскольку дело идет об относительной величине резкого максимума вблизи $\lambda =$ метров по сравнению с величиной „ μ “ при самых длинных или самых коротких волнах.

Напротив, значения „ λ “, соответствующие максимумам, у различных проволок не тождественны, и это не может быть отнесено на счет ошибок измерений, так как при данной установленной длине волны различные проволоки всегда измерялись одновременно.

Обращают на себя внимание „малые полосы поглощения“ на проволоках $d = 0,052$ и $0,082$ мм, которые, повидимому, не следует приписывать ошибкам наблюдения.

Непосредственного измерения начальной проницаемости в постоянном поле ввиду отсутствия необходимого количества материала произведено не было; но те данные, которые можно получить путем почти достоверной экстраполяции из кривых черт. 4, довольно близко совпадают с величинами „ μ “ при наиболее длинных волнах. С другой стороны, недавно полученные В. А. Карчагиным и любезно сообщенные нам результаты для проницаемости той же самой проволоки $0,097$ мм непосредственно примыкают к нашим со стороны коротких волн (см. черт. 6 стр. 259).

Таким образом кривая проницаемости „ μ “ являет в исследованной области типичные черты дисперсионных кривых в жидких диэлектри-

¹⁾ J. Zenneck, Ann. d. Phys., 9, p. 497, 1902. Здесь вместо обозначения Ценнека написано χ .

ках, исследовавшихся Друде, Колли, Ивановым¹⁾ и др. Становясь на точку зрения теории Аркадьева²⁾ относительно существования собственных периодов элементарных магнитов (магнетонов), полученные кривые можно истолковать при допущении существования собственных периодов магнетонов не только в исследованной Аркадьевым области (период T порядка $2 \cdot 10^{-10}$ сек), но и в исследованных ныне областях, где по положению „полосы поглощения“ порядок периода колебания может быть грубо приближенно определен равным $3 \cdot 10^{-7}$ сек. Существование периода подобной длительности объясняло бы (пока чисто качественно) явления запаздывания исчезновения магнетизма в железе (магнитная вязкость). Однако вопрос требует дальнейшей разработки.

С точки зрения теории Аркадьева величина „ μ “, хотя и освобожденная от влияния токов Фуко, все же является только „кажущейся“, так как представляет из себя функцию истинной проницаемости μ и „магнитной проводимости“³⁾ ρ , аналогично тому, как непосредственные измерения диэлектрической постоянной в слабо проводящих диэлектриках дают лишь функцию от диэлектрической постоянной ϵ и проводимости δ .

10. Общие выводы. — 1. Метод биений двух незатухающих колебаний, производимых триодными термionicными генераторами, оказывается вполне пригодным для исследования зависимости магнитной проницаемости от длины волны в интервале длин волн от 54 метров и до 705 метров и в слабых полях.

2. Наблюдаемая магнитная проницаемость „ μ “ в железе являет извилистый ход, аналогичный ходу диэлектрической постоянной в жидких диэлектриках. Вблизи длины волны, равной 100 метров, кривая близко напоминает таковую для оптического показателя преломления в полосе абсорбции.

3. Найденные факты могут быть объяснены допущением существования собственных периодов магнетонов, указанных Аркадьевым, однако с продолжительностью периода порядка $3 \cdot 10^{-7}$ сек. Этим предположением возможно, одновременно, объяснить и явление магнитной вязкости.

Проф. В. К. Аркадьеву мы выражаем нашу живейшую признательность за проявленный им к настоящей работе глубокий интерес, выразившийся, как в различных ценных советах и указаниях, так и в предоставлении средств. Московской Военной Радиолaborатории, представившей нам некоторые необходимые приборы, мы также глубоко признательны.

Москва. Физич. Инст. Госуд. Унив.
Март—Июль 1921.

¹⁾ К. Иванов. Изв. Варшавск. Унив., 1915.

²⁾ В. Аркадьев. Ж. Ф. Х. О., 45, стр. 312, 1913; Phys. Zs. 14 p. 928, 1913.

³⁾ В. Аркадьев, I. c.; см. также R. Gans и R. G. Loyarte, Ann. d. Phys., 64, p. 209, 1921.

Расчет радиотелеграфных мачт.

Инженера С. Я. Турлыгина.

Допложено в заседании ГОРИ 14 VI. 1921 г.

Всякая мачта представляет из себя колонну, которая при помощи оттяжек позволяет воспринять усилие от проводов, к ней подвешенных. Если бы высота этих колонн была незначительна, то расчет был бы крайне прост. Но при высотах, употребляемых в радиотелеграфии, колонны эти достигают сотен метров, а потому жесткость этих колонн настолько мала, что их приходится укреплять по высоте в нескольких точках, в так наз. узлах. Сделав это, получают пространственную ферму, у которой сжатые части расположены одна под другой и образуют самую мачту, растянутые же части — оттяжки, помещаются в разных плоскостях и крепятся у самой земли при помощи тех или иных якорей.

Кроме натяжения проводов всякая мачта должна выдерживать давление ветра. Натяжение проводов складывается из следующих элементов:

1. Горизонтального их натяжения.
2. Веса их.
3. Веса гололеда.
4. Давления ветра на провода.

Как видим, слагающие эти состоят из вертикальных и горизонтальных. В то время, как нагрузка на мачту от вертикальных слагающих не зависит от расположения оттяжек, нагрузка от горизонтальных зависит от него и является главной.

Отыскание optimum'a в расположении частей и величины усилий, в них господствующих, является главной задачей расчета. Чаще всего к каждому узлу подводят четыре оттяжки и только иногда три, образующие один пояс (черт. 1 стр. 269). Если горизонтальное усилие равно P и совпадает с плоскостью оттяжки, то усилие вдоль оттяжки будет

$$P_{\text{отт}} = P \frac{l}{a} = P \frac{1}{\cos \alpha},$$

$$P_{\text{н}} = P \frac{h}{a} = P \operatorname{tang} \alpha,$$

где h — высота прикрепления оттяжки и a — глубина заложения ее.

Всё горизонтальное усилие P воспринимается оттяжкой (1), остальные же (2), (3) и (4) не работают. Пусть теперь усилие P воспринимается двумя оттяжками расположенными под углом ω (черт. 2) (в горизонтальной проекции), и пусть угол равнодействующей с составляющими P_1 и P_2 задается углом φ . Тогда натяжение оттяжек будет

$$P_{\text{отт}_1} = P_1 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = P \cdot \frac{\sin(\omega - \varphi)}{\sin \omega} \cdot \frac{1}{\cos \alpha},$$

$$P_{\text{отт}_2} = P_2 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = P \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin \omega} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}.$$

Усилие же вдоль мачты от 1-ой оттяжки:

$$P_{\text{н}_1} = P_1 \cdot \operatorname{tang} \alpha,$$

$$P_{\text{н}_2} = P_2 \cdot \operatorname{tang} \alpha,$$

$$P_{\text{н}} = (P_1 + P_2) \cdot \operatorname{tang} \alpha = P \cdot \operatorname{tang} \alpha \cdot \frac{\sin(\omega - \varphi) + \sin \varphi}{\sin \omega}.$$

Эти формулы показывают, что усилие, господствующее в оттяжке, будет наибольшим при $\varphi = 0$. Тогда одна оттяжка работает полностью, другая вовсе не воспринимает на себя ничего. Мачта же будет нагружена более всего тогда, когда

$$\frac{\sin(\omega - \varphi) + \sin \varphi}{\sin \omega}$$

достигнет максимума.

Это будет при $\varphi = \omega/2$. Усилие вдоль мачты будет тогда

$$P \cdot \operatorname{tang} \alpha \cdot \frac{1}{\cos \frac{\omega}{2}}.$$

Это дает нам указания, как надо располагать антенну, если желаем получить наименьшую нагрузку в оттяжках или в самой мачте. Кроме того, если направление усилия P неопределенно (напр. ветер), то расчет оттяжек должен быть сделан в предположении, что ветер совпадает с плоскостью их ($\varphi = 0$), расчет же мачты — в предположении, что ветер делит угол между оттяжками пополам $\varphi = \omega/2$. Наибольшее ω будет 120° . Тогда

$$P_{\text{отт макс}} = P; \quad P_{\text{мачты мин}} = P \cdot \tan \alpha;$$

$$P_{\text{мачты макс}} = 2P \cdot \tan \alpha.$$

При $\omega = 90$

$$P_{\text{мачты макс}} = 1,43 \cdot P \cdot \tan \alpha.$$

Переходя к расположению оттяжек в вертикальной плоскости, можно указать на два способа их крепления (черт. 3). Первый способ требует меньше троса, но больше якорей. Кроме того вдоль мачты сумма усилий от троса увеличивается очень быстро. Каждый такой чертеж можно рассматривать, как диаграмму усилий. В 1 способе усилия вдоль тросов одинаковы (если, конечно, в каждом узле приложена одна и та же горизонт. сила P). Усилия же в поясах вдоль мачты будут

$$\begin{array}{l} \text{1-й способ.} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ пояс} \cdot P_1 = P \cdot \tan \alpha \\ 2 \quad \cdot \quad \cdot \quad P_1 \\ 3 \quad \cdot \quad \cdot \quad P_1 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ n \quad \cdot \quad \cdot \quad P_1 \end{array} \right. \\ \hline \sum P = n P_1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{2-й способ.} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ пояс} \cdot \frac{n}{n} P_1 = P \tan \alpha \\ 2 \quad \cdot \quad \frac{n-1}{n} P_1 \\ 3 \quad \cdot \quad \frac{n-2}{n} P_1 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ n \quad \cdot \quad \frac{1}{n} P_1 \end{array} \right. \\ \hline \sum P = \frac{n+1}{2} \cdot P_1 \end{array}$$

Как видим, усилия вдоль мачты нарастают во 2 способе медленнее. Давления на фундамент будут разные и отношение их будет:

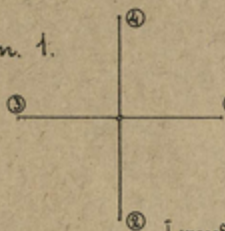
$$\frac{\sum P_1}{\sum P_{\Pi}} = \frac{2(n+1)}{n} \approx 2.$$

Это, конечно, относится к слагающим вдоль мачты только от воспринимающих горизонтальную нагрузку тросов. Итак, мачта, видимо,

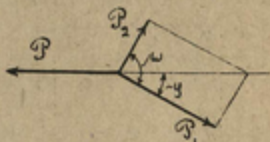
К статье С. А. Пурывина



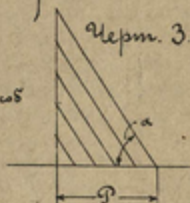
черт. 1.



и число



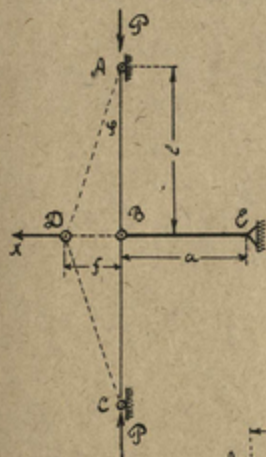
черт. 2.



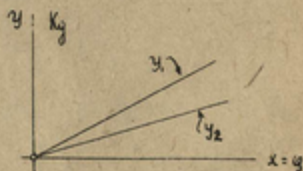
черт. 3.



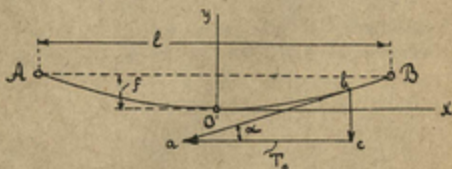
и число



черт. 4.

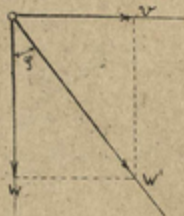


черт. 5.

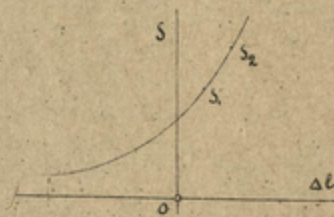


черт. 6.

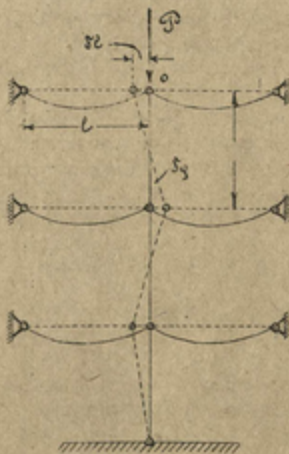
К статье С. Я. Пурлыгина.



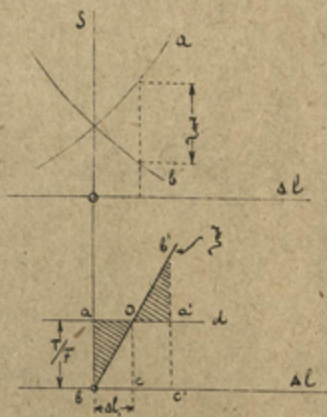
Черт. 7.



Черт. 8.



Черт. 9.



Черт. 10.

должна выйти легче при расположении троссов по второму способу. Кроме этого при под'еме мачты стрелой этот способ также удобнее, т. к. не надо заготавливать специальный под'емный такелаж. Первый способ можно рекомендовать только у переносных мачт (да и то с осторожностью), т. к. большее число якорей позволяет якоря эти сделать более легкими и потому более горизонтальными.

Что касается выбора угла α , то аналитически найти наивыгоднейшую его величину очень трудно. Во всяком случае можно сказать только одно. При дешевизне или обилии хорошего материала для ствола самой мачты этот угол определяется из условия *max.* усилия в троссе, что будет соответствовать и наименьшему количеству затраченного тросса. Наоборот, при обилии тросса и недостатке или дороговизне материала для мачты α определится по усилию вдоль мачты и это будет соотв. *minimum* у α . Чаще всего α берут таким, что $\tan \alpha = 2$

Жесткость.

Так как сама мачта должна нести вертикальный груз и необходимую для этого жесткость ей придают закрепления узлов, то возникает вопрос, каким условиям должны удовлетворять оттяжки, чтобы они в действительности могли осуществить эту жесткость. Пусть ABC — правильное расположение мачты и точки A и C могут двигаться только по вертикали ABC (черт. 4 стр. 269). Узел же B , где сейчас предположим шарнир, может двигаться по горизонтали DBE и укреплен горизонтальным стержнем BE , нагрузкой которого от собственного веса пока пренебрегаем. Усилие P будет передаваться стержнем AB стержню BC . Пока ABC есть прямая линия, равновесие существует, и никакого стержня BE не надо. Но равновесие это не устойчиво. Стоит лишь стержню отклониться на некоторый, даже весьма малый, угол φ , как точка A начнет приближаться к C , а B будет двигаться в сторону D . Это движение парализует стержень BE . Условие равновесия для какого-нибудь малого угла φ будет писаться следующим образом:

$$x = 2P\varphi.$$

Усилие x есть горизонтальная слагающая от усилия P при расположении стержня AB по направлению AD . Усилие x , соответствующее вытяжке f стержня BE , будет равно

$$x = f \cdot \frac{F_1 E_1}{a} = \frac{l \varphi F_1 E_1}{a},$$

где F_1 и E_1 соотв. площадь сечения и модуль упругости стержня BE .

Далее

$$\frac{F_1 E_1 l_0}{a} = 2 P \cdot \varphi \quad (A)$$

и наконец

$$F_1 E_1 = \frac{2 P a}{l}$$

Такой величиной определяется „жесткость“ стержня BE . Равновесие будет при любом φ , достаточно малом (безразличное равновесие). Легко видеть (черт. 5), что каждая часть ур-ия (A) есть уравнение прямой линии, а именно:

$$y_1 = \frac{F_1 E_1 l}{a} \cdot \varphi,$$

$$y_2 = 2 P \cdot \varphi,$$

где $F_1 E_1 l/a$ и $2P$ — тангенсы угла наклона прямой к оси x . Если мы хотим, чтобы отклонение само собой уничтожалось, надо, чтобы y_1 было всегда больше y_2 при всяком φ . Итак, условие устойчивого равновесия будет:

$$\frac{F_1 E_1 l}{a} > 2 P.$$

Если шарнира в точке B нет, то для учета равновесия необходимо рассмотреть энергию системы. Предположим кривую изгиба по синусоиде $y = f \sin (\pi x/2l)$ (возьмем, конечно, только основную синусоиду, не считаясь с гармониками). Тогда энергия изгиба будет:

$$W_{\sim} = \frac{1}{2} \int_0^{2l} \frac{M^2 dx}{E I} = \frac{E I}{2} \int_0^{2l} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx,$$

где EI — жесткость стержня ABC . Дифференцируя ур-ие $y = f \sin (\pi x/2l)$ и беря интеграл в пределах от 0 до $2l$, найдем:

$$W_{\sim} = \frac{f^2 E I \pi^4}{4 (2l)^3}.$$

Энергия вытянутого стержня будет:

$$W_{\text{раст}} = \frac{1}{2} \frac{f^2 E_1 F_1}{a}.$$

Работа внешнего усилия P , ушедшая на эту энергию системы, будет равна сближению концов A и C , умноженному на P :

$$W_P = P \delta l = \int_0^{2l} (ds - dx) \cdot P = \frac{\pi^2 f^2}{4 (2l)} \cdot P.$$

Условие безразличного равновесия выразится:

$$W_P = W_{\sim} + W_{\text{раст}},$$

а устойчивого равновесия:

$$W_P < W_{\sim} + W_{\text{раст}},$$

откуда

$$W_{\text{раст}} > W_P - W_{\sim}$$

или

$$\frac{F_1 F_1}{2a} > \frac{\pi^2 P}{4 (2l)} - \frac{\pi^4 E l}{4 (2l)^3}.$$

Здесь усилие P является критическим для длины l , а выражение $\pi^2 E l / (2l)^3 = P_{\text{кр}} / 2l$ — есть $P_{\text{критич}}$ для длины стержня $2l$; $P_{\text{кр}} l = 4 P_{\text{кр}} 2l$;

$$\frac{E_1 F_1}{2a} > \frac{\pi^2 P_{\text{кр}} l}{4 (2l)} - \frac{\pi^2 P_{\text{кр}} 2l}{4 (2l)} = \frac{3}{4} \frac{\pi^2 P_{\text{кр}} l}{4 \cdot 2l};$$

отсюда

$$E_1 F_1 = P_{\text{кр}} l \frac{30}{16} \cdot \frac{a}{l} \approx 1,88 \frac{a}{l} P_{\text{кр}}.$$

Пример: $\frac{a}{l} = 2$; $P_{\text{кр}} = 10$ тонн; $E_1 = 2 \cdot 10^6$ кгс/см². При шарнире $F_1 > \frac{2 P_{\text{кр}} a}{l E_1} = 2,0$ мм². Без шарнира $F_1 > 1,88 \frac{a}{l} P_{\text{кр}} \cdot \frac{1}{E_1} = 1,88$ мм².

Как видим, энергией изгиба можно пренебречь. Такова площадь сечения стержня BE , держащего нашу систему в равновесии.

Если же на нашу систему будет действовать какая-нибудь горизонтальная сила (напр. ветра), то стержень должен воспринять и ее. Естественно, что стержень, выдерживающий систему при ветре, выдержит ее и без ветра. Обычно вместо стержней употребляют троссы, и с нагрузкой их собственным весом приходится считаться. Это создает несколько иные соотношения, физическое же существо дела не меняется.

Троссы.

Тросс считается абсолютно гибкой нитью, что возможно благодаря большой длине употребляемых в дело кусков и отсутствия крупных загибов.

Подвешенный над пролетом l тросс располагается по плоской кривой AOB , у-ие которой отыщем. Расположим оси координат, как указано на чертеже 6 (стр. 269). Натяжение нити всегда будет иметь направление касательной. Пусть в точке O натяжение будет T_0 , в точке x — T_x . Треугольник сил при равновесии будет abc :

$$bc = ac \cdot \text{tang } \alpha.$$

Но $bc = w \cdot s$, где w — вес погонного метра нити, а s — длина от точки O до x . Тогда

$$w \cdot s = T_0 \cdot \frac{dy}{dx}.$$

Интегрируя это у-ие, получим всем известное у-ие цепной линии. Если же рассматривать только такие случаи, когда стрела провеса мала по сравнению с пролетом, что фактически всегда имеет место, то вертикальную силу $w \cdot s$ с громадной степенью точности можно считать равной $w \cdot x$, т. е. считать вес нити не пропорциональным ее длине, а пропорц. ее пролету. Тогда получим у-ие:

$$wx = T_0 \cdot \frac{dy}{dx},$$

откуда

$$\frac{1}{2} wx^2 = T_0 y \quad (c = 0),$$

т. е. наш тросс располагается по параболе. При $x = l/2, y = f_0$, откуда получим:

$$f_0 = \frac{wl^2}{8 T_0} = \frac{Ql}{8 T_0}.$$

Наибольшее усилие будет в точке привеса и будет равно

$$T_{\max} = \sqrt{T_0^2 + \left(\frac{wl}{2}\right)^2} \approx T_0.$$

Длина троса будет равна длине дуги параболы

$$s = l \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_0}{l} \right)^2 \right] = l \left[1 + \frac{Q^2}{24 T_0^2} \right].$$

Если трос кроме собственного веса несет нагрузку ветром v , то величину w надо заменить через

$$w^1 = \sqrt{w^2 + v^2}.$$

Вся нить расположится под углом φ к вертикали (черт. 7 стр. 270), причем $\tan \varphi = \frac{v}{w}$. Чтобы найти новую стрелу провеса и новое натяжение (если известно старое, до появления нагрузки v), необходимо считать с упругостью троса. Пусть длина не натянутого троса будет L . Подвешивая его с напряжением S_1 при стреле f_1 , будем иметь длину L_1 :

$$L_1 = L \left(1 + \frac{S_1}{E} \right) = l \left[1 + \frac{1}{24} \frac{Q_1^2}{T_1^2} \right];$$

при другом напряжении S_2 будет

$$L_2 = L \left(1 + \frac{S_2}{E} \right) = l \left[1 + \frac{1}{24} \frac{Q_2^2}{T_2^2} \right].$$

Вычитая одно ур-ие из другого, получим

$$\frac{L S_1}{E} - \frac{L S_2}{E} = \frac{l}{24} \cdot \frac{Q_1^2}{T_1^2} - \frac{l}{24} \cdot \frac{Q_2^2}{T_2^2}.$$

Заменяя T_1 и T_2 через S_1/F и S_2/F , вводя обозначения $Q_1/F = q_1$ и $Q_2/F = q_2$ и считая $l/L = 1$, что верно до долей процента, получим ($\beta = 1/E$)

$$S_1 - \frac{q_1^2}{24 \beta S_1^2} = S_2 - \frac{q_2^2}{24 \beta S_2^2}.$$

Хотя этому ур-ию 3-ей степени посвящено много статей с остроумнейшими способами решения графическими приемами, но мне кажется более удобным решать его при помощи логарифмической линейки, тем более, что такое решение чрезвычайно быстро и очень точно. Новое значение S_1 дает возможность найти и новую стрелу провеса: $f_2 = q_1 l / 8 S_1$.

Аналогичный же прием дает возможность найти напряжение троса при переменах температуры и переменах величины пролета. Обозначая через α — температурный коэфф. и через t — температуру, будем иметь для одного случая

$$L_1 = L \left(1 + \frac{S_1}{E} \right) \cdot [1 + \alpha t_1] = l_1 \cdot \left[1 + \frac{1}{24} \cdot \frac{q_1^2}{S_1^2} \right]$$

или

$$L_1 = L + L \frac{S_1}{E} + \alpha L t_1 + L S_1 \cdot \frac{\alpha}{E} t_1 = l_1 \left(1 + \frac{1}{24} \cdot \frac{q_1^2}{S_1^2} \right);$$

для другого случая

$$L_2 = L + L \frac{S_2}{E} + \alpha L t_2 + L S_2 \cdot \frac{\alpha}{E} t_2 = l_2 \left(1 + \frac{1}{24} \cdot \frac{q_2^2}{S_2^2} \right).$$

Опуская члены, содержащие α/E , как величину чрезвычайно малую, и заменяя отношение l_1/L и l_2/L через 1, получим, вводя $\Delta l = l_2 - l_1$,

$$S_2 - \frac{q_2^2}{24 \beta S_2^2} = S_1 - \frac{q_1^2}{24 \beta S_1^2} + \frac{\Delta l}{\beta l} - \alpha E (t_2 - t_1); \quad (B)$$

Это самое общее ур-ие для определения напряжения проводов и тросов при переменных условиях. Применяя тросы для укрепления узлов, мы должны считаться именно с этим ур-ием. Член с температурой будет входить только тогда, когда разность температур значительна, напр. зимняя и летняя температуры разнятся на $+40^\circ - (-30^\circ) = 70^\circ \text{C}$, что принуждает при больших пролетах к регулировке оттяжек при помощи тальрепов. Действительно при неизменном усилии, которое обязан развивать трос, будет

$$\frac{\Delta l}{\beta l} = \alpha E \cdot \Delta t; \text{ откуда } \Delta l = \alpha l \cdot \Delta t.$$

Принимая S_2 за функцию, а Δl за аргумент, можно построить это

ур-ие графически. Кривая, его выражающая, представлена на черт. 8. При равенстве q_1 и q_2 любую точку кривой можно принять за начальную, напр., S_1 , S_2 и т. д.

Теперь можно будет решить вопрос об устойчивости системы, представленной на черт. 9. Дадим точке O некоторое перемещение δl . Тогда усилие тросов, противодействующее этому перемещению, будет

$$2F \left[\frac{dS}{d(\Delta l)} \right] \delta l.$$

Усилие от груза P , направленное в сторону перемещения, будет равно $2P\delta\varphi$, где $\delta\varphi$ угол поворота мачты около вертикали. Условие устойчивости будет

$$2F \left(\frac{dS}{d\Delta l} \right) \delta l > 2P d\varphi.$$

Но $\delta l = \frac{h}{2} \cdot \delta\varphi$. Тогда $2F \left(\frac{dS}{d\Delta l} \right) \cdot \delta\varphi \cdot h/2 > 2P d\varphi$, откуда

$$\frac{dS}{d\Delta l} \geq \frac{2P}{hF}. \quad (C_1)$$

Это ур-ие дает величину необходимого первоначального натяжения тросов. Дифференцируя ур-ие (B) и подставляя производную $\frac{dS}{d\Delta l}$ в ур-ие C_1 , найдем

$$S_T > l \sqrt{\frac{\gamma^2 E}{12l \left(\frac{hFE}{2Pl} - 1 \right)}}, \text{ где } \gamma = \frac{P}{l}.$$

Напр., при $P=13$ тонн, $F \equiv 26$ мм, $E=13000$ кг/мм², $\gamma=0,008$ кг/ит/мм², $h=12$ м, $l=36$ м, $S=3,0$ кг/мм².

Как видим, условие устойчивости требует весьма малого напряжения троса. Фактически трос всегда будет висеть с большим напряжением, и условие устойчивости всегда будет соблюдено. Что касается до восприятия горизонтальной силы, то надо задаться предварительно тем прогибом, при котором должно наступить равновесие. Пусть это — прогиб δl . Тогда (приблизительно)

$$2F \left[\frac{dS}{d\Delta l} \right] \delta l = T + 2P d\varphi$$

$$S^3 = \frac{q^2 l}{12} \cdot \frac{h \cdot T + 4 P \cdot \delta l}{2 h F \cdot \delta l - \frac{h l T + 4 P l \cdot \delta l}{E}}$$

Пусть $\delta l = 0,12$ мт и $T = 520$ кгр. Тогда при прежних остальных величинах $S_T = 4,26$ кгр/мм². Ур-ия, точно связывающие прогиб и напряжение троссов, будут (S_1 и S_2 — напряжение троссов):

$$S_1 - S_2 = \frac{T}{F} = \Delta s,$$

$$S_1 - \frac{q^2}{24 \beta S_1} = S_T - \frac{q^2}{24 \beta S_T^2} + \frac{\Delta l}{\beta l},$$

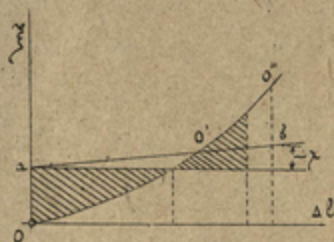
$$S_2 - \frac{q^2}{24 \beta S_2} = S_T - \frac{q^2}{24 \beta S_T^2} - \frac{\Delta l}{\beta l};$$

откуда

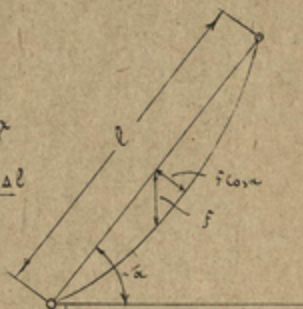
$$S_1 - \frac{q^2}{24 \beta S_1^2} = S_1 - \frac{q^2}{24 \beta S_T^2} + \frac{2 \Delta l}{\beta l}.$$

Эти ур-ия легче и быстрее всего решить графически (черт. 10 стр. 270). Пусть кривая a и кривая b дают величину напряжений первого и второго троссов при изменении пролета. Откладывая разность ординат, соотв. каждому Δl , получим новую кривую (c), дающую разность натяжений троссов. Проводя прямую d на высоте T/F , найдем точку o , соответствующую равновесию. Прогиб при этом будет Δl_1 и на мачту действуют только горизонт. силы. Так будет обстоять дело при плавной передаче усилия T троссам. При ударе же будет несколько иная картина. Полагая, что в нашей системе, системе безусловно очень упругой, кинетическая энергия равна будет потенциальной энергии деформации, придем к заключению, что в точке o система не остановится, т. е. работа силы T будет выражаться площадью $abco$, потенциальная же энергия троссов выразится только площадью bco . Остановка системы будет около точки c^1 , определяемой из равенства площадей abo и a^1b^1o . Ход кривой укажет, достаточен ли тросс, ибо сильно перетянутый (тонкий) дает кривую: круто поднимающуюся, и напряжение S , соответствующее точке c^1 , будет чрезмерным.

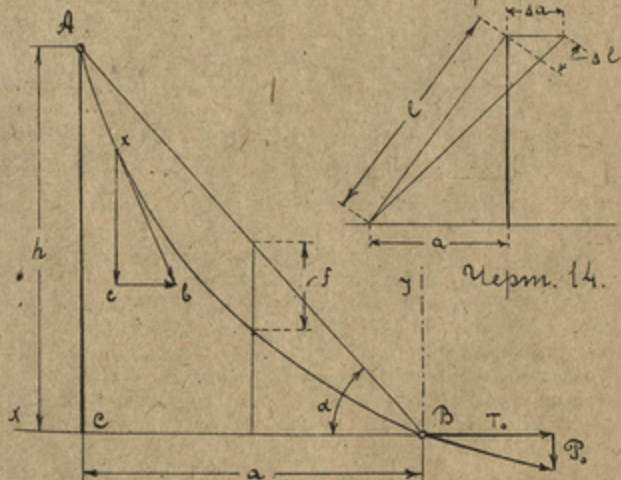
При действии же и вертикальной нагрузки мы должны от точки a провести прямую (черт. 11 стр. 279), ординаты которой дают горизонтальную составляющую от вертикального груза P .



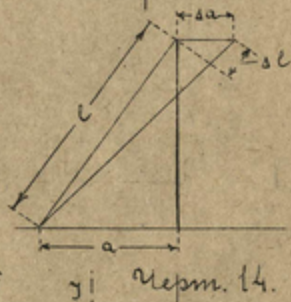
Черт. 11.



Черт. 13.



Черт. 12.



Черт. 14.

$$X = \frac{2P}{Fh} \cdot \Delta l.$$

Точка o^I будет характеризовать положение равновесия, точка же o^{II} — предел, который при колебаниях системы не может быть перейден. Площадь $aoo^I =$ площади $o^Io^{II}b$. Все эти рассуждения нам надо приложить к оттяжкам, не горизонтально расположенным, а наклонно. Обозначая угол ABC через α , можем с весьма большим приближением принять, что это есть угол оттяжки с горизонтом. В виду того, что стрела провеса не велика, можем и здесь нагрузку считать пропорциональной x . Начало координат (черт. 12) помещаем в точке B . Тогда из $\triangle xbc$ напомним

$$P_0 + \frac{w}{\cos \alpha} x = T_0 \frac{dy}{dx}.$$

Вводя $\frac{w}{\cos \alpha} = w_1$, получим

$$P_0 + w_1 x = T_0 \frac{dy}{dx},$$

откуда

$$y = \frac{w_1}{2T_0} x^2 + \frac{P_0}{T_0} x \quad (\text{парабола}). \quad (1)$$

Для точки A будет

$$h = \frac{w_1}{2T_0} a^2 + \frac{P_0}{T_0} a. \quad (1')$$

Стрелу провеса найдем, как максимум разности между ординатами параболы и прямой, выражаемой ур-ием $y_1 = \frac{h}{a} x$:

$$f = y_1 - y = \frac{h}{a} x - \frac{w_1}{2T_0} x^2 - \frac{P_0}{T_0} x;$$

$$f_{\max} = \frac{w_1 a^2}{8T_0}, \quad \text{при } x = \frac{a}{2}. \quad (2)$$

Касательная в точке $x = a/2$ параллельна прямой AB . Внося ур-ие (2)

в ур-ие (1¹), получим $h = 4f + P_0 \frac{8f}{a w_x}$, откуда:

$$P_0 = \frac{h - 4f}{8f} a w_x = Q \frac{h - 4f}{8f},$$

где $Q = a w_x$ — весу пролета или приближенно $P_0 = h \cdot \frac{Q}{8f}$. Из ур-ия (2) $T_0 = a \frac{Q}{8f}$.

Оттяжка располагается по параболе, вершина которой находится на расстоянии

$$-\frac{P_0}{w_x} = -\frac{h - 4f}{8f}.$$

$$\text{Длина пролета } L = \frac{a \cdot (h - 4f)}{4f}; \text{ провес } H = \frac{L^2 w_x}{8 T_0}.$$

Горизонтальное усилие T_0 остается по всей нити неизменным, вертикальное же P_x — меняется. Наибольшее P_x будет в точке А и равно

$$P_{\text{макс}} = P_0 + Q = Q \cdot \frac{h + 4f}{8f}.$$

Наибольшее усилие в тросе:

$$T_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + T_0^2} = \frac{Q}{8f} \sqrt{a^2 + (h + 4f)^2}.$$

Усилие в середине тросса будет

$$\begin{aligned} P_{\text{ср}} &= h \cdot \frac{Q}{8f} \\ T_0 &= a \cdot \frac{Q}{8f} \\ T_{\text{ср}} &= l \cdot \frac{Q}{8f} \end{aligned}$$

Теперь можно перейти к определению натяжения при перемещениях верхней точки привеса. Длина дуги параболы выразится, как и раньше, через (черт. 13)

$$s = l \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2f \cos \alpha}{l} \right)^2 \right].$$

Напряжение всегда будем определять для середины:

$$T_{cp} = \frac{lQ}{8f}; S_{cp} = \frac{lq}{8f}, \text{ где } q = \frac{Q}{F}; f = \frac{lq}{8S};$$

$$s = l \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2lq \cos \alpha}{8Sl} \right)^2 \right];$$

$$s = l \left[1 + \frac{1}{24} \cdot \frac{q^2 \cos^2 \alpha}{S^2} \right].$$

Приемом, указанным выше, находим основное уравнение

$$S_2 - \frac{q_2^2 \cos^2 \alpha_2}{24 \beta S_2^2} = S_1 - \frac{q_1 \cos^2 \alpha_1}{24 \beta S_1^2} + \frac{\Delta l}{\beta l}.$$

Соотношение между перемещением точки привеса и удлинением Δl найдем из чертежа 14 стр. 279:

$$\Delta l = \Delta a \cdot \cos \alpha.$$

Условие устойчивости получим:

$$S \geq \sqrt[3]{\frac{\gamma^2 a^2 E}{12 \left[\frac{EhF \cos^2 \alpha}{2Pa} - 1 \right]}}.$$

Для данных вышеприведенного примера найдем уже

$$S = \text{не } 3, \text{ а } 7 \text{ кг/мм}^2.$$

Чтобы учесть работу троса при восприятии горизонтальной нагрузки (ветре), необходимо знать, как изменяется натяжение троса под влиянием ветра; необходимо рассмотреть два случая: 1) когда он дует в плоскости оттяжек и 2) когда он дует по биссектрисе угла между ними. В первом случае (мы рассматриваем случай 4 оттяжек в каждом поясе) одна пара оттяжек лежит в плоскости ветра, другая — в плоскости к нему перпендикулярной. Разберем случай оттяжек в перпендикулярной к ветру плоскости, применяя методы начертательной геометрии

(черт. 15, стр. 280). Результирующая нагрузка будет наклонена к плоскости оттяжек под углом φ , причем $\tan \varphi = \frac{v}{w_a}$. Величина ее будет

$$w_{результ} = \sqrt{w_a^2 + v^2}.$$

Пролет a_x , над которым будет натянут тросс, определится, как длина перпендикуляра, опущенного из точки aa^1 на прямую $a^1b - a^{11}b^1$, параллельную результирующей нагрузке и проходящую через точку крепления оттяжки к мачте. Этот перпендикуляр есть новая эквипотенциальная прямая, аналогичная прежней a . Проекция этого $\perp$ будут ac и a^1c^1 , где $a^1c^1 \perp a^{11}b^1$. Длину перпендикуляра AC получим, вращая его до совпадения с горизонтальной плоскостью проекций. Из построения видно, что

$$AC^2 = ma^{1^2} + (a^1a)^2 = aa^{1^2} + a^1c^{1^2} = a^2 + h^2 \sin^2 \varphi,$$

и окончательно

$$a_x = a \sqrt{1 + \tan^2 \varphi + \sin^2 \varphi}.$$

Новый угол, под которым оттяжка расположена по отношению к эквипотенциальной линии, будет уже не α , но α_x , причем

$$\cos \alpha_x = \frac{a_x}{l} = \cos \alpha \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \varphi + \sin^2 \varphi}.$$

Легко видеть, что в зависимости от величины v силы ветра точка c^1 будет скользить по окружности $a^1c^1a^{11}$. Все величины для определения нового натяжения тросса известны. Остается добавить, что оттяжки, расположенные в одной плоскости, ведут себя совершенно одинаково, т. к. действие ветра на них одинаковое. Иное дело будет для оттяжек в плоскости ветра. Одну из них ветер будет нагружать, другую же разгружать сначала, а потом нагружать в зависимости от своей силы. На чертеже 16 (стр. 280) AO — мачта, AC — оттяжки, w_2 — погонная нагрузка, CO — первоначальная эквипотенциальная линия (горизонт). Если будет действовать ветровая нагрузка $v = cd$, то на провод будет действовать только нормальная к оттяжке слагающая ее $= ca$, которая вместе с $w_2 = ab$ дает равнодействующую $cb = w_{рез}$. При всякой величине v точка c скользит по прямой $m - n$, которая перпендикулярна к направлению оттяжки. Новая эквипотенциальная линия будет $CD \perp AB$, которая в свою очередь параллельна $w_{рез}$ и проходит через точку привеса оттяжки к мачте. Точка D скользит

по окружности CODA с диаметром равным l . Обозначая угол CAD через χ , найдем:

$$a_x = l \sin \chi;$$

из $\triangle cpb$ находим:

$$w_{\text{рез}}^2 = w_a^2 \sin^2 \alpha + (w_a \cos \alpha + v \sin \alpha)^2,$$

$$\text{tang } \chi = \frac{w_a \cos \alpha + v \sin \alpha}{w_a \cdot \sin \alpha} = \text{cotang } \alpha \pm \frac{v}{w_a};$$

α , определится из

$$\cos \alpha_x = \cos (90 - \chi) = \sin \chi.$$

Те же величины найдутся для разгружаемой оттяжки столь же просто (черт. 17 стр. 280). Удобнее при расчетах пользоваться только графическим методом. Тогда надо прямую mn проводить через вершину A , точку c оставлять всегда на прямой mn ; направление усилия от ветра отложится само собою правильно.

Общие формулы будут таковы:

$$a_x = l \sin \chi,$$

$$\text{tang } \chi = c \text{ tang } \alpha \pm \frac{v}{w_a},$$

$$\cos \alpha_x = \sin \chi,$$

$$w_{\text{рез}} = \sqrt{w_a^2 \sin^2 \alpha + (w_a \cos \alpha \pm v \sin \alpha)^2}.$$

Какой бы случай мы ни рассматривали, нагрузку на тросе всегда можно разложить поперек и вдоль тросса. Величина $q \cos \alpha$, входящая в наши основные ур-ия, есть мера поперечной нагрузки:

$$q \cos \alpha = \frac{a w_a \cos \alpha}{F} = \frac{a \cdot w}{F};$$

В разбираемом нами случае

$$w_{\text{попер}} = w \pm v \sin \alpha.$$

Возможен случай, когда $w_{\text{пол}} = 0$; тогда

$$w = v \sin \alpha.$$

В этом случае оттяжка висит вдоль действия на нее сил и нагружена весом

$$w_{\text{рез}} = w_{\alpha} \cdot \sin \alpha = w \cdot \tan \alpha.$$

Несколько сложнее разбор случая, когда ветер дует по биссектрисе угла между оттяжками. Его приходится разбирать, чтобы выяснить максимальную нагрузку на мачту. Метод остается прежним (черт. 18 стр. 280). Направление и величина давления ветра дается его горизонтальной проекцией v . Вертикальная проекция его будет v_1 ; нормальная к оттяжке слагающая изобразится в проекциях через v_5 и v_7 , причем $v_7 \perp OA$.

$$v_1 = v \cos 45 = \frac{v}{\sqrt{2}},$$

$$v_2 = v_1 \sin \alpha; \quad v_3 = v_1 \cos \alpha; \quad v_4 = v_1 \cos^2 \alpha,$$

$$v_6 = v_1 \sin \alpha = v_1 \sin^2 \alpha; \quad v_5 = \sqrt{v_1^2 + v_6^2} = v_1 \sqrt{1 + \sin^4 \alpha},$$

$$v_7 = v_1 \cos \alpha = v_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha,$$

$$w_{\text{рез}} = \sqrt{v_5^2 + (w_{\alpha} + w_7)^2} = \sqrt{v_1^2 (1 + \sin^4 \alpha) + \left(\frac{v_1 \sin 2\alpha}{2} + w_{\alpha}\right)^2},$$

$$\tan \chi = \frac{v_6}{w_{\alpha} + v_7} = \frac{v_1 \sin^2 \alpha}{w_{\alpha} + \frac{1}{2} v_1 \sin 2\alpha},$$

$$\tan \vartheta = \frac{v_1}{v_5} = \frac{v_1}{v_1 \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} = \text{Const.}$$

Проекция равнодействующей определяются углами χ и ϑ .

Определим теперь направление эквипотенциальной линии (черт. 19 стр. 289). Точка A будет общей точкой эквипотенциальной линии, оттяжки и ее проекции. Am и Am^1 —следы эквипотенциальной плоскости ($Am \perp ob$, $Am^1 \perp o^1b^1$). Точка BB^1 —точка встречи эквипотенциальной плоскости с линией, проектирующей вершину OO^1 на эту плоскость. AB^1 и AB —проекции

искомого пролета a_x (на чертеже не проведены).

Истинная его величина, очевидно, будет

$$a_x = \sqrt{AB^2 + CB^2}$$

Найдем AB и CB . Ур-ие прямой o^1b^1 в осях xoo^1 будет:

$$y = H - x \cotang \chi.$$

Ур-ие DB^1

$$y_1 = OM + x \tang \varepsilon,$$

$$\tang \varepsilon = \frac{OM}{OD} = \frac{a \tang \chi}{a \cos^2 \varepsilon} = \frac{1 + \sin^4 \alpha}{\sin^2 \alpha (w_\alpha + \frac{1}{2} v_1 \sin 2\alpha)} = \left[\frac{v_1^2 + v_\alpha^2}{v_0 (w_\alpha + v_2)} \right].$$

Точка B^1 определяется равенством $y = y_1$.

$$H - x \cotang \chi = a \tang \chi + x \tang \varepsilon;$$

$$x = oc = \frac{H - a \tang \chi}{\cotang \chi + \tang \varepsilon}; \quad y = B^1C = H - \frac{H - a \tang \chi}{\tang \varepsilon + \cotang \chi} \cdot \tang \chi;$$

$$a_x = \sqrt{AB^2 + B^1C^2} = \sqrt{AB^2 + y^2};$$

$$AB^2 = (AO + OC)^2 + BC^2 = (a + x)^2 + x^2 \tang^2 \varepsilon;$$

$$a_x^2 = (a + x)^2 + x^2 \tang^2 \varepsilon + (H - x \cotang \chi)^2$$

или

$$a_x^2 = x^2 (1 + \tang^2 \varepsilon + \cotang^2 \chi) - 2x(H \cotang \chi - a) + l^2;$$

$$\cos^2 \alpha_x = \frac{a_x^2}{l^2}.$$

Выражения, определяющие w_p , a_x и $\cos \alpha_x$, достаточно сложны, чтобы ими пользоваться при массовом расчете необходимых, характеризующих все сооружение, величин. Много проще и быстрее нужные величины получаются графически. Случай разгружаемых оттяжек представлен на черт. 20 и 21 (стр. 289). Обозначения те же, что и раньше и в пояснениях не нуждаются.

Таким образом во всех нужных нам случаях всегда определяются

Возможен случай, когда $w_{\text{пол}} = 0$; тогда

$$w = v \sin \alpha.$$

В этом случае оттяжка висит вдоль действия на нее сил и нагружена весом

$$w_{\text{рез}} = w_x \cdot \sin \alpha = w \cdot \tan \alpha.$$

Несколько сложнее разбор случая, когда ветер дует по биссектрисе угла между оттяжками. Его приходится разбирать, чтобы выяснить максимальную нагрузку на мачту. Метод остается прежним (черт. 18 стр. 280). Направление и величина давления ветра дается его горизонтальной проекцией v . Вертикальная проекция его будет v_1 ; нормальная к оттяжке слагающая изобразится в проекциях через v_6 и v_7 , причем $v_2 \perp OA$.

$$v_1 = v \cos 45 = \frac{v}{\sqrt{2}},$$

$$v_2 = v_1 \sin \alpha; \quad v_3 = v_1 \cos \alpha; \quad v_4 = v_1 \cos^2 \alpha,$$

$$v_6 = v_1 \sin \alpha = v_1 \sin^2 \alpha; \quad v_5 = \sqrt{v_1^2 + v_6^2} = v_1 \sqrt{1 + \sin^4 \alpha},$$

$$v_7 = v_2 \cos \alpha = v_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha,$$

$$w_{\text{рез}} = \sqrt{v_6^2 + (w_x + w_7)^2} = \sqrt{v_1^2 (1 + \sin^4 \alpha) + \left(\frac{v_1 \sin 2\alpha}{2} + w_x\right)^2},$$

$$\tan \chi = \frac{v_6}{w_x + v_7} = \frac{v_1 \sin^2 \alpha}{w_x + \frac{1}{2} v_1 \sin 2\alpha},$$

$$\tan \varphi = \frac{v_1}{v_5} = \frac{v_1}{v_1 \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} = \text{Const.}$$

Проекции равнодействующей определяются углами χ и φ .

Определим теперь направление эквипотенциальной линии (черт. 19 стр. 289). Точка A будет общей точкой эквипотенциальной линии, оттяжки и ее проекции. Am и Am^1 — следы эквипотенциальной плоскости ($Am \perp ob$, $Am^1 \perp o^1b^1$). Точка BB^1 — точка встречи эквипотенциальной плоскости с линией, проектирующей вершину OO^1 на эту плоскость. AB^1 и AB — проекции

искомого пролета a_x (на чертеже не проведены).

Истинная его величина, очевидно, будет

$$a_x = \sqrt{AB^2 + CB^2}.$$

Найдем AB и CB . Упр-ие прямой o^1b^1 в осях xoo^1 будет:

$$y = H - x \cotang \chi.$$

Упр-ие DB^1

$$y_1 = OM + x \tang \varepsilon.$$

$$\tang \varepsilon = \frac{OM}{OD} = \frac{a \tang \chi}{a \cos^2 \varepsilon} = \frac{1 + \sin^4 \alpha}{\sin^2 \alpha (w_\alpha + \frac{1}{2} v_1 \sin 2\alpha)} = \left[\frac{v_1^2 + v_\alpha^2}{v_0 (w_\alpha + v_1)} \right].$$

Точка B^1 определяется равенством $y = y_1$.

$$H - x \cotang \chi = a \tang \chi + x \tang \varepsilon;$$

$$x = oc = \frac{H - a \tang \chi}{\cotang \chi + \tang \varepsilon}; y = B^1C = H - \frac{H - a \tang \chi}{\tang \varepsilon + \cotang \chi} \cdot \tang \chi;$$

$$a_x = \sqrt{AB^2 + B^1C^2} = \sqrt{AB^2 + y^2};$$

$$AB^2 = (AO + OC)^2 + BC^2 = (a + x)^2 + x^2 \tang^2 \varepsilon;$$

$$a_x^2 = (a + x)^2 + x^2 \tang^2 \varepsilon + (H - x \cotang \chi)^2$$

или

$$a_x^2 = x^2 (1 + \tang^2 \varepsilon + \cotang^2 \chi) - 2x(H \cotang \chi - a) + l^2;$$

$$\cos^2 \alpha_x = \frac{a_x^2}{l^2}.$$

Выражения, определяющие w_p , a_x и $\cos \alpha_x$, достаточно сложны, чтобы ими пользоваться при массовом расчете необходимых, характеризующих все сооружение, величин. Много проще и быстрее нужные величины получаются графически. Случай разгружаемых оттяжек представлен на черт. 20 и 21 (стр. 289). Обозначения те же, что и раньше и в пояснениях не нуждаются.

Таким образом во всех нужных нам случаях всегда определяются

нужные для определения натяжения тросов величины. Основное уравнение дает возможность его определить и кроме того получить зависимость между новым натяжением и вытяжкой Δl . Эта последняя позволяет отыскать прогиб мачты ΔN . Если прогиб мачты в плоскости оттяжек, то связь между Δl и ΔN будет:

$$\Delta l = \Delta N \cdot \cos \alpha.$$

Если же прогиб совпадает с биссектрисой, то

$$\Delta l = \Delta N \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha.$$

Строя кривые напряжения в функции Δl (или ΔN) для нагружаемого ветром и разгружаемого им тросса и беря разность ординат, получим то усилие, которое должно быть приложено к мачте, чтобы данный прогиб (или вытяжка) имел место. Здесь можно повторить все то, что говорилось про спокойную и ударную нагрузку при горизонтально подвешенном троссе.

С таким ударом пришлось бы считаться, если бы антенна была подвешена на предохранителе (черт. 22 стр. 290). При обрыве предохранителя acb сеть даст большой провес и потому будет слабо нагружать мачту при помощи предохраняющего тросса adb . В случае большого веса реи, которым пренебречь нельзя, натяжение антенны (она есть горизонтально подвешенный тросс и к ней, конечно, приложимо все то, что говорилось выше) можно определить сл. обр. Пусть после обрыва вся антенна расположится так, как показано на черт. 23 (стр. 290). Из чертежа видно, что

$$\Delta l = b \sin \varphi^1) \quad \text{причем,} \quad \sin \varphi = \frac{S}{\sqrt{P^2 + S^2}}.$$

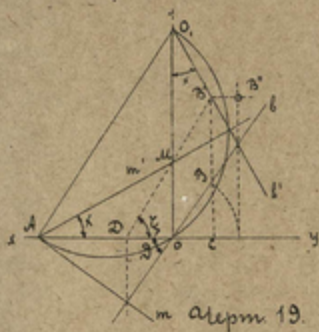
$$P = \frac{P + \frac{Q}{2}}{F},$$

где P —вес реи, $Q/2$ половина веса сети и F —площадь сечения всей сети.

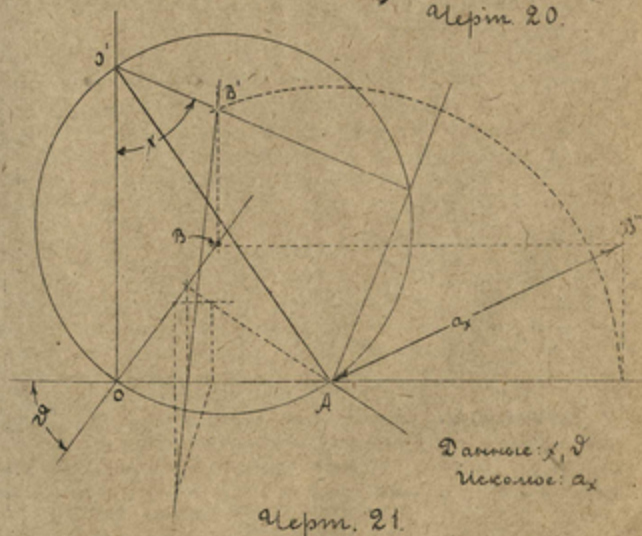
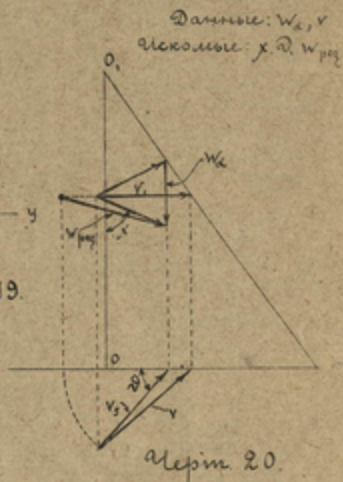
Аналитическое решение чрезвычайно сложно, графическое же быстро приводит к цели. Если на диаграмме напряжения сети начертим окружность радиуса b (черт. 24), то отложив, как показано, $p = (P + Q/2) : F$ получим точку m . Проведя через нее линию, парал-

¹⁾ b — длина предохранительного тросса.

К статье С. Я. Пурлыгина.



Данные:
 x, θ
 искомого:
 a_x



лельную оси абсцисс, и откладывая на ней некоторое $S = ml$, получим точку l и линию oa . Отрезок od есть сокращение пролета и, если S выбрано правильно, то ml будет равно vd ; т. к. сразу этого никогда не бывает, то отложив на линии vd отрезок ml , получим точку l_1 . Задавая еще два раза новыми значениями S , получим точки l_2 и l_3 , аналогичные точке l_1 . Соединив их линией, найдем точку x пересечения ее с диаграммой напряжений сети. Она и будет характеризовать как S , так и Δl после обрыва предохранителя.

Легко видеть, что площадь $OS_{\max} XO_1$ есть мера потенциальной энергии растяжения, которая была запасена в антенне. Пусть величина ее будет $W_{\text{ант. пров.}}$. Что касается до реи, то, зная сокращение пролета, будем знать и положение реи.

Она опустится на величину $b \cdot \cos \varphi$ и убыль ее потенциальной энергии будет $P \cdot b \cdot \cos \varphi$. Зная напряжение антенны в обоих случаях (до обрыва и после обрыва), мы знаем и стрелы провеса, а потому и высоту центра тяжести ее в каждом случае. Изменение этой высоты будет равно $\frac{2}{3} (f_2 - f_1) Q$, где Q — вес всей антенны.

Общая убыль потенциальной энергии будет равна

$$W_{\text{пот.}} = W_{\text{ант. пров.}} + Pb \cos \varphi + \frac{2}{3} Q (f_2 - f_1) \text{ в кгр-мт.}$$

Эта энергия перейдет в кинетическую энергию, а при помощи упругого удара почти целиком передастся в потенциальную энергию тросса. Чтобы найти напряжение троссов, этому моменту соответствующее, воспользуемся диаграммой их напряжения (черт. 25).

S_1 — горизонтальная слагающая одного тросса, S_2 — то же другого тросса, S — слагающая горизонт. от сети. Кривые I и II дают изменение горизонтальных слагающих от изменения пролета. Разность ординат изобразится кривой III. Кривая B есть разность не horiz. слагающих, а уже самих напряжений. Ординаты этой кривой более ординат III

в $\frac{1}{\cos \alpha}$ раз. Проводя прямую ab на расстоянии S , соответствующем новому напряжению сети, найдем точки a , и A , характеризующие новое положение равновесия. Вся система вследствие удара будет колебаться около этого положения равновесия. Проведя ординату lm так, чтобы площадь ΔAml была равна $W_{\text{пот.}}$ всей сети, найдем максимальное напряжение тросса. Вследствие не абсолютной упругости, пренебрежения потенц. энергией самого тросса, влияния масс и пр. до такого напряжения фактически, конечно, тросс никогда не дойдет.

М а ч т а.

Пользуясь вышеизложенными методами, в каждом случае мы можем определить как напряжение, так и пригодность тросса для

данной работы. Считая всегда натяжение троса совпадающим с линией, соединяющей точку привеса с якорем, и разлагая его на горизонтальное и вертикальное, найдем те части нагрузок вдоль мачты, которые в сумме составят полную продольную нагрузку. При высоких мачтах необходимо учесть и слагающие вдоль мачты от давления ветра на троссы, а также добавить в каждом поясе $\frac{1}{2}$ веса всего пояса оттяжек.

Расчет самой мачты не представляет затруднений. Т. к. наиболее сильная нагрузка на мачту будет во время ветра, то ствол мачты необходимо рассчитывать, как балку, одновременно и сгибаемую, и сдвигаемую. При этом расчет можно вести так: определяют прогиб мачты от поперечной нагрузки ветром f_1 и от момента эксцентричного приложения усилия (если таковое имеет место) f_2 .

При интенсивности ветра v , f_1 будет равно

$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_0 l_0^3}{E_0 I_0},$$

где $P_0 = l_0 d_0^{1/2} v$ при круглой мачте и $P_0 = l_0 d_0 v$ — при всякой другой; l_0 — расстояние между узлами; d_0 — толщина мачты; $E_0 I_0$ — модуль упругости и момент инерции мачты.

$$f_2 = \frac{M_e l_0^2}{8}.$$

При действии сжимающей нагрузки P сумма этих прогибов увеличится и окончательный прогиб будет

$$f = (f_1 + f_2) \frac{1}{1 + \alpha},$$

где α величина обратная надежности на продольный изгиб, или, правильнее, есть отношение продольного усилия к Эйлеровой нагрузке $P_{эйл.}$

$$P_{эйл.} = \frac{\pi^2 E_0 I_0}{l^2}.$$

Момент, ломающий нашу мачту, будет

$$M = \frac{P_0 l_0}{8} + M_e + P \cdot f$$

и напряжение

$$B = \frac{P}{F} + \frac{M}{W}.$$

Зная напряжение, легко определить и все остальное: количество и величину шпонок, размеры болтов и т. д. Одним словом, дальнейший расчет производится на самых общих всем известных основаниях.

Москва, Сокольники. Радиолaborатория. Июнь 1921.

(Получена редакцией 1 сентября 1921).

Динамические постоянные воздушного провода.

Д. А. Рожанского.

1. Колебания в проводнике с распределенными по его длине емкостью, самоиндукцией и сопротивлением, как известно, существенно отличаются от подобных явлений в цепях с квазистационарным распределением тока. Но так как последний случай, как более простой и легче доступный теоретической обработке, лежит в основании наших представлений о колебательных явлениях, то естественным образом возникает стремление свести более сложный механизм колебаний открытого вибратора к знакомой схеме колебаний замкнутой цепи. Представлением об эквивалентной замкнутой цепи и об эквивалентных постоянных воздушного провода приходится пользоваться при расчетах и измерениях воздушной сети, но теоретического обоснования и освещения этой практики до сих пор не имеется в русской и, насколько мне известно, в иностранной литературе.

Попытку Ценнека дать теоретическое освещение этого вопроса нельзя признать удачной. Заслуживает внимания та постановка, которая дана этой задаче А. А. Петровским²⁾. Наконец весьма важным шагом вперед являются результаты, полученные Вагнером³⁾, подробно изучившим некоторые схемы, дающие в некоторых отношениях практически удовлетворительный эквивалент воздушной сети.

В настоящей статье излагается довольно простой способ для решения вопроса: что следует понимать под эквивалентными постоянными антенны, если предположить, что распределение емкости, самоиндукции и сопротивления в ней известно и *если колебания в ней таковы, что в каждой точке сила тока и потенциал изменяются по одному и тому же закону*. Последнее условие является весьма существенным, так как величина постоянных, которые принято называть *динамическими*, зависит от распределения тока и потенциала в антенне, и мы вправе ожидать определенного решения задачи только в случае стационарного распределения этих величин, не изменяющегося во времени.

¹⁾ Zenneck. Lehrb. d. drahtl. Telegr. 1913 p. 489.

²⁾ А. А. Петровский. Исследование радиопередачи, стр. 11. 1921.

³⁾ K. W. Wagner. Archiv. f. Elektrotechnik. B. VIII. p. 145. 1920.

2. Нам придется исходить из уравнений Кирхгофа для случая распространения волны вдоль цилиндрических проводников. Для прямолинейного вертикального провода эти уравнения дают результаты, подтверждаемые и более строгим разбором этого случая, основанным на применении уравнений Максвелла (М. Абрагам). Вопрос о применимости их к сложным воздушным сетям приходится считать открытым, но следует думать, что метод Кирхгофа может дать практически удовлетворительные результаты и в общем случае.

Напишем уравнения Кирхгофа, предполагая, что емкость, самоиндукция и сопротивление на единицу длины провода равны соответственно C_1 , L_1 и R_1 , причем эти величины могут изменяться вдоль провода произвольным образом. Силу тока и величину потенциала в некоторой точке x провода и в момент t обозначим буквами i и v . Расстояние x будем считать от основания провода к его концу, а направление тока положительным, если оно совпадает с положительным направлением отрезка x .

В таком случае

$$\left. \begin{aligned} \frac{di}{dx} &= -C_1 \frac{dv}{dt} \\ \frac{dv}{dx} &= -L_1 \frac{di}{dt} - R_1 i \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Умножая эти уравнения на dx и интегрируя по всей длине провода, т. е. от $x = 0$ (основание провода) до $x = l$ (конец провода), получаем

$$\left. \begin{aligned} i_0 - i_1 &= \frac{d}{dt} \int_0^l C_1 v dx \\ v_0 - v_1 &= \frac{d}{dt} \int_0^l L_1 i dx + \int_0^l R_1 i dx \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь i_0 и v_0 и соответственно i_1 и v_1 обозначают мгновенные величины силы тока и потенциала в основании и в конце провода. Если на конце провода нет сосредоточенной емкости, то $i_1 = 0$. Другое пограничное условие напомним в предположении, что в основании провода включены последовательно: самоиндукция L_0 , емкость C_0 и сопротивление R_0 .

Тогда

$$v_0 = -L_0 \frac{di_0}{dt} - R_0 i_0 - \frac{1}{C_0} \int i_0 dt. \quad (3)$$

Подставляя эти пограничные значения i_1 и v_0 в уравнения (2), получаем

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= \frac{d}{dt} \int_0^l C_1 v dx \\ v_1 &= -\frac{d}{dt} \int_0^l L_1 i dx - \int_0^l R_1 i dx - L_0 \frac{di_0}{dt} - R_0 i_0 - \frac{1}{C_0} \int i_0 dt \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Все величины, входящие в эти уравнения, суть функции времени и при том по условию о стационарности колебаний интеграл в первом уравнении (4) пропорционален v_1 , а интегралы во втором пропорциональны i_0 . В самом деле, в силу нашего условия, отношение значений потенциала и тока в каких либо двух точках антенны независит от времени и следовательно отношения

$$v:v_1 \text{ и } i:i_0$$

являются функциями одного x . Поэтому

$$\int_0^l C_1 \frac{v}{v_1} dx = \frac{1}{v_1} \int_0^l C_1 v dx \quad (5)$$

представляет из себя некоторое число, которое мы обозначим символом C_a . Точно также введем обозначения

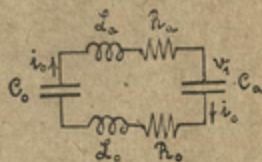
$$\left. \begin{aligned} L_a &= \frac{1}{i_0} \int_0^l L_1 i dx \\ R_a &= \frac{1}{i_0} \int_0^l R_1 i dx \end{aligned} \right\} \quad (5')$$

Вводя эти обозначения в уравнения (4), мы придадим им следующий вид

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= C_a \frac{dv_1}{dt} \\ v_1 &= -L_a \frac{di_0}{dt} - R_a i_0 - L_0 \frac{di_0}{dt} - R_0 i_0 - \frac{1}{C_0} \int i_0 dt \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Эти уравнения имеют такой же вид, как и для замкнутой конденсаторной цепи, содержащей два последовательно соединенных конденсатора с емкостями C_a и C_0 , две последовательно включенных катушки с самоиндукцией L_a и L_0 и два сопротивления R_a и R_0 , если ток в этой цепи равен i_0 , а разность потенциалов на обкладках конденсатора C_a принят равной v_1 . Положительное направление тока должно быть выбрано так, чтобы он заряжал конденсатор C_a и разряжал конденсатор C_0 . Таким образом мы приходим к эквивалентной схеме, изображенной на черт. 1.

Величины C_a , L_a и R_a суть не что иное, как динамические постоянные антенны, определяющие период колебаний, отношение амплитуд тока и напряжения и коэффициент затухания колебаний.



Черт. 1.

3. Данное нами определение динамических постоянных является не единственно возможным и может даже в некоторых частных случаях терять смысл. Так напр., если провод не заземлен, то ток $i_0 = 0$, и полный заряд антенны также равен нулю. Тогда L_a обращается в бесконечность, а C_a в нуль. Эквивалентная схема черт. 1 представится тогда в виде цепи, в которой на месте добавочного конденсатора C_0 имеется разрыв. Как изменить в этом частном случае определение динамических постоянных, мы поясним на простом примере воздушного провода, содержащего только распределенную емкость и самоиндукцию.

Интегрируя уравнения (1), мы возьмем в качестве нижнего предела некоторую точку x не равную 0. Тогда имеем

$$\left. \begin{aligned} i_x - i_1 &= \frac{d}{dt} \int_x^l C_1 v dx \\ v_x - v_1 &= \frac{d}{dt} \int_x^l L_1 i dx \end{aligned} \right\} \quad (2^1)$$

Если $i_1 = 0$, то эквивалентную емкость можно определить так:

$$C_a = \frac{1}{v_1} \int_x^l C_1 v dx.$$

Пусть теперь точка x определяется условием $v_x = 0$, т. е. x соответствует пучности тока; тогда

$$L_a = \frac{1}{i_x} \int_x^l L_1 i dx.$$

Другими словами, мы интегрируем от пучности тока до конца антенны, отбрасывая нижнюю часть антенны до пучности тока.

5. Данное нами определение динамических постоянных несколько не изменяется, если мы рассматриваем обертоны антенны. В этом случае при вычислении динамических постоянных антенны отпадает та часть антенны, которая находится выше первого узла тока, и соответственно образом уменьшаются величины постоянных, определяющих длину волны, отношение амплитуд и коэффициент затухания колебаний.

5. Если на конце антенны имеется сосредоточенная емкость или если мы желаем рассматривать, как таковую, часть антенны, находящуюся за некоторой точкой $x = l$, то i_1 , т. е. ток в этой точке не равен нулю и поэтому пограничное условие для конца антенны примет такой вид:

$$i_1 = \frac{dq}{dt},$$

где q полный заряд на той части антенны, которая находится за точкой $x = l$. Обозначая по прежнему потенциал в этой точке v_1 , мы получим для емкости конца антенны величину

$$C^1 = \frac{q}{v_1},$$

при чем

$$q = \int C_1 v dx,$$

и интегрирование распространяется на конечную часть антенны. В эквивалентной замкнутой цепи верхняя часть антенны заменяется в этом случае емкостью C^1 , присоединенной параллельно к емкости C_a , а самоиндукция конечной части вовсе не входит. Последнее

обстоятельство компенсируется тем, что емкость C^1 больше статической емкости этого участка

$$C^1 > \int C_1 dx,$$

так как $v > v_1$, в то время как динамическая емкость нижнего участка меньше его статической емкости.

$$C_a < \int_0^l C_1 dx.$$

6. Динамические постоянные антенны зависят от распределения тока и потенциала в воздушной сети и изменяются при изменении распределения этих величин. Они характеризуют поэтому не столько воздушную сеть, сколько режим колебаний, который в ней устанавливается. Все способы измерений, основанные на изменении этого режима, не могут дать результатов, характеризующих свойства антенны. Мы можем правильно интерпретировать их только после того, как решим задачу о распределении тока и потенциала при первоначальном и измененном режиме.

7. Рассмотрим подробнее один пример, когда колебания в антенне являются стационарными, а именно, когда они возбуждаются внешней эдс, равномерно распределенной вдоль антенны и изменяющейся периодически, т. е. пропорционально $\sin p t$. Второе из уравнений (1) будет тогда содержать еще один член e_1 , представляющий величину эдс на единицу длины антенны, в которой предположим распределенными равномерно емкость, самоиндукцию и сопротивление. Конец антенны пусть нагружен емкостью C^1 , а в основании введены самоиндукция L_0 удлинительной катушки и емкость C_0 в последовательном включении. Сопротивление R_0 предположим равным нулю, так как иначе стационарного распределения колебаний мы не получим. Тогда

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= (C_a + C^1) \frac{dv_1}{dt} \\ v_1 &= - (L_a + L_0) \frac{di_0}{dt} - R_a i_0 - \frac{1}{C_0} \int i_0 dt + e \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

причем

$$e = \int_0^l e_1 dx = e_1 l$$

полная эдс, действующая на антенну. Согласно условию

$$e_1 = E \sin pt.$$

Дифференциальное уравнение колебаний имеет тогда следующий вид:

$$\frac{d^2 i_0}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di_0}{dt} + \frac{i_0}{LC} = \frac{p}{L} El \cos pt, \quad (8)$$

причем

$$R = R_a, \quad L = L_a + L_0 \quad \text{и} \quad C = \frac{(C_a + C^1) C_0}{C_a + C^1 + C_0}.$$

Обозначая $\frac{R}{L} = 2\alpha$, $1/LC = a^2$ и $\frac{p}{L} El = A$, мы имеем обычное уравнение, частный интеграл которого представляет вынужденные колебания с частотой p . Тогда, как известно, имеем следующие соотношения

$$i_0 = B \cos (pt + \varphi), \quad (9)$$

причем

$$B = - \frac{A}{\sqrt{(p^2 - a^2)^2 + 4\alpha^2 p^2}} \quad \left\{ \right. \quad (10)$$

и

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\alpha p}{p^2 - a^2}.$$

В случае резонанса, т. е. при $p = a$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$ и $B = -\frac{A}{2\alpha p}$ и следовательно, подставляя значения A и α ,

$$i_0 = \frac{El}{R} \sin tp. \quad (9')$$

8. Разберем теперь, что происходит в действительности в нашей антенне. Нам придется разложить E в ряд по нормальным функциям антенны, а именно в ряд подобный ряду Фурье, общий член которого имеет такой вид

$$E_n \sin k_n (z_n - x).$$

Первый член этого ряда соответствует основной длине волны антенны (измененной под влиянием внешней эдс, последующие—оберто-

нам, которые являются негармоническими по отношению к основному и между собой. Все k и ε определяются из пограничных условий для основания антенны и ее вершины.

Сила тока в антенне выражается подобным же рядом. Это выражение должно удовлетворять основному уравнению:

$$-c^2 \frac{d^2 I}{dx^2} + \frac{R_1}{L_1} \frac{dI}{dt} + \frac{d^2 I}{dt^2} = \frac{E p}{L_1} \cos pt, \quad (13)$$

в котором c — есть скорость света.

Общий член этого ряда, который обозначим U_n , должен для этого иметь такой вид

$$U_n = P_n \sin k_n (\varepsilon_n - x) \quad (14)$$

и удовлетворять уравнению, подобному (13), в котором в первой части вместо E стоит выражение (12). Подставляя (14) в это уравнение, мы после сокращения его на $\sin k_n (\varepsilon_n - x)$ найдем уравнение, которому должна удовлетворять величина P_n , зависящая только от времени. Мы выписываем здесь это уравнение только для P_1 :

$$c^2 k_1^2 P_1 + \frac{R_1}{L_1} \frac{dP_1}{dt} + \frac{d^2 P_1}{dt^2} = \frac{E_1 p}{L_1} \cos pt.$$

Введем обозначения:

$$c^2 k_1^2 = a_1^2, \quad \frac{R_1}{L_1} = 2\alpha_1 \text{ и } \frac{E_1 p}{L_1} = A_1.$$

Тогда найдем

$$P_1 = B_1 \cos (pt + \varphi_1), \quad (15)$$

причем величины B_1 и φ_1 определяются по формулам (10). Соответствующие формулы находятся и для P_2, P_3 . Если мы введем еще условие что период эдс близок к основному периоду антенны, то все P за исключением P_1 можно рассматривать, как величины малые. Влияние их скажется в том отношении, что фаза колебаний в разных точках антенны будет неодинаковой, но в силу малости этого влияния мы можем считать эту разность фаз величиной незначительной, исчезающей при переходе к резонансу. Таким образом колебания в антенне будут происходить практически так, как если бы распределение эдс вдоль антенны выражалось первым членом ряда, в который мы предположили ее разложенной.

9. Сила тока в основании антенны таким образом может в первом приближении вычисляться по формуле ($x = 0$).

$$i_0 = B_1 \sin k_1 z_1 \cos (pt + \varphi_1). \quad (16)$$

Сравнивая это выражение с (9), мы видим, что должны иметь тождественно (в силу пограничных условий)

$$\left. \begin{aligned} B &= B_1 \sin k_1 z_1, \\ \text{tang } \varphi &= \text{tang } \varphi_1 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

хотя величины α , a и A не равны соответственно α_1 , a_1 и A_1 . Чтобы показать это, мы оставим наш общий случай и рассмотрим более простой пример, предполагая емкость C^1 у вершины антенны равной нулю, а емкость в основании C_0 бесконечно большой. В этом случае

$$i = B_1 \sin k_1 (l - x) \cos (pt + \varphi_1).$$

Согласно уравнению (14) мы должны иметь

$$\text{tang } \varphi_1 = \frac{2\alpha_1 p}{p^2 - a_1^2} = \frac{p R_1}{L_1} \cdot \frac{1}{p^2 - c^2 k_1^2}.$$

Аналогично имеем:

$$\text{tang } \varphi = \frac{2\alpha p}{p^2 - a^2} = \frac{p R_a}{L_a + L_0} \cdot \frac{1}{p^2 - a^2}.$$

Пользуясь формулой (51) и пограничными условиями, мы найдем, что

$$a^2 = \frac{1}{C_0 (L_a + L_0)} = \frac{p^2 a_1^2}{p^2 - (p^2 - a_1^2) \cos k_1 l} \quad (18)$$

и точно также

$$2\alpha = \frac{R_a}{L_a + L_0} = 2\alpha_1 \cdot \frac{p^2 (1 - \cos k_1 l)}{p^2 - (p^2 - a_1^2) \cos k_1 l} \quad (19)$$

откуда легко доказываем второе из равенств (17). Подобным же образом найдем, что

$$\frac{A}{p^2 - a^2} = \frac{p \sin k_1 l}{L_1 (p^2 - a_1^2)} \cdot \frac{E l k_1}{1 - \cos k_1 l}.$$

Если проинтегрировать ряд, выражающий разложение E по нормальным функциям в пределах от 0 до l , то получим равенство

$$E l = E_1 S_1 + E_2 S_2 + \dots + E_n S_n + \dots, \quad (20)$$

если обозначить вообще

$$S_n = \int_0^l \sin k_n (l - x) dx. \quad (21)$$

Этот ряд вообще довольно хорошо сходится и при том тем лучше, чем меньше длина антенны по сравнению с длиной ее волны. Поэтому, если ограничиться, как и при вычислении силы тока, первым членом этого ряда и принять во внимание, что

$$S_1 = \frac{1 - \cos k_1 l}{k_1},$$

то найдем, что

$$\frac{A}{p^2 - a^2} = \frac{A_1 \sin k_1 l}{p^2 - a_1^2}. \quad (22)$$

Отсюда легко получить и первое из равенств (17). В пределах точности, которые установлены при вычислении силы тока в антенне, равенства (17) доказаны. Конечно не трудно было бы принять во внимание и точное выражение как для силы тока в основании антенны, так и для его распределения вдоль антенны. Строго говоря, за исключением случая резонанса, определение динамических постоянных теряет смысл, так как фазы колебаний в разных точках антенны неодинаковы. Но разобранный пример показывает, что понятие динамических постоянных может быть сохранено и в случае незначительных отклонений от стационарности распределения тока.

11. Заметим еще, что энергия в антенне и в эквивалентном контуре не могут быть равны, причем энергия в антенне всегда меньше. Это относится и к магнитной, и к электрической энергии. Точно также и количество работы, которое расходуется в антенне на преодоление сопротивления, меньше, чем в эквивалентном контуре. Отношение же этой работы к средней энергии цепи в обоих случаях одно и то же.

Нижний-Новгород,
Радиолaborатория.
28 января 1922 г.

Об эквивалентной схеме радиосети.

Проф. И. Фреймана.

Радиосеть, как известно, представляет электрическую цепь с распределенными емкостью и самоиндукцией. Основные электрические явления в ней определяются дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка, в котором одной независимой переменной является координата, определяющая положение рассматриваемой точки на сети — обыкновенно расстояние от какого-либо одного конца сети, а другой — время. Коэффициенты этого уравнения представляют простые функции емкости, самоиндукции и сопротивления провода сети на единицу длины. Вообще говоря, ни одна из этих трех последних величин не остается постоянной вдоль всей сети, так что дифференциальное уравнение радиосети вообще есть уравнение с переменными коэффициентами.

Решение дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами дело математически весьма сложное и для практических расчетов сетей совершенно неприемлемое. Если бы зависимость погонной самоиндукции и емкости от расстояния от конца сети можно было раз навсегда установить, то, может быть, удалось бы приспособить соответствующее решение уравнения сети к нуждам практики. Однако, при крайнем многообразии употребительных форм открытых сетей, этот путь пока еще не нашел приверженцев. За очень немногими исключениями, все исследователи радиосетей принимают емкость и самоиндукцию единицы длины провода за величину постоянную, сводя математическую сторону вопроса к решению дифференциального уравнения в частных производных с постоянными коэффициентами. Это уравнение, в особенности если не учитывать сопротивления провода сети, решается легко.

Действительные значения емкости и самоиндукции провода на единицу длины все же слишком различны вдоль всего провода обычных сетей, чтобы такую замену действительных значений некоторыми средними постоянными значениями можно было производить без всяких оговорок. Обычная уступка действительности состоит в том, что вместо действительных граничных условий вводятся некоторые фиктивные, приближающие получаемое решение к истине. Действитель-

ные граничные условия обычных открытых сетей состоят в том, что у верхнего конца, у оконечных изоляторов сила тока равна нулю, а у нижнего конца, у заземления потенциал равен нулю. Фиктивные граничные условия формулируют двояко: или полагают, что верхним своим концом радиосеть присоединяется к некоторой сосредоточенной емкости, или же, что нижний конец сети присоединен к некоторой сосредоточенной самоиндукции. Как в том, так и в другом случае длина сети не принимается равной действительной длине провода сети. В первом случае считают, что емкость и самоиндукция распределяются равномерно только вдоль вертикальной части сети и, пренебрегая самоиндукцией горизонтальной части, приводят сеть к схеме черт. 1 (стр. 305). Во втором случае считают, что емкость и самоиндукция распределяются равномерно вдоль горизонтальной части, и, пренебрегая емкостью вертикальной части, приводят радиосеть к эквивалентной схеме черт. 2.

При разрешении некоторых вопросов, касающихся радиосетей, и мы были поставлены, еще в 1919 году перед необходимостью выбрать ту или другую эквивалентную схему для предварительных теоретических подсчетов. При сетях с мало развитой горизонтальной частью, очевидно, скорее подходит первая схема. При сетях же с сильно развитой горизонтальной частью — а такие представляют наибольший практический интерес — неясно, насколько мы вправе пренебрегать самоиндукцией проводов горизонтальной части.

Чтобы несколько осветить этот вопрос, мы обратились к эксперименту, причем идея поставленных опытов заключалась в том, чтобы по возможности резко изменить самоиндукцию оконечной части радиосети, не изменяя однако при этом ее емкости и наблюдать соответствующее изменение длины волны.

Наблюдения велись на небольших сетях с длиной волны в несколько десятков метров. В качестве такой формы оконечной части радиосети, которая позволяла бы резко изменять самоиндукцию при ничтожном влиянии на емкость, была выбрана спираль.

Сети устраивались симметричные (черт. 3 стр. 305), из горизонтального провода с двумя одинаковыми плоскими спиралями по концам и несимметричные, с заземлением или противовесом на нижнем конце (черт. 4). Изменение оконечной самоиндукции производилось или проведением радиальных лучей на спиралях типа черт. 3, или же замыканием и размыканием контакта у a на ветвях типа черт. 4. Участок ab или вся горизонтальная часть изготовлялась в этом случае из изолированного проводника.

Измерялось изменение волны как при собственной волне, возбуждаемой непосредственно искровым разрядом в сети, так и при удлиненной волне, возбуждаемой пищиком, приколотенным к удлинительной катушке.

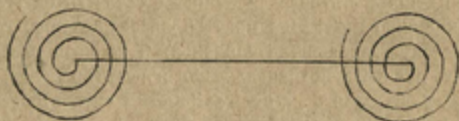
К статье У. Фреймана.



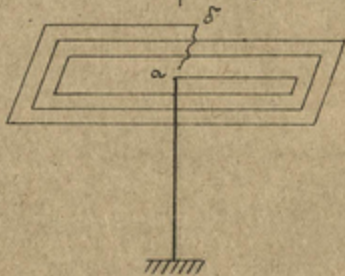
Черт. 1.



Черт. 2.



Черт. 3.



Черт. 4.

В качестве волномера служила особая цепь из небольшого переменного воздушного конденсатора с полной емкостью 440 см (цена деления около 2,5 см) и небольших спиралей с самоиндукцией около 10000 см). Указателем резонанса служил детектор с телефоном, присоединенный непосредственно к зажимам конденсатора. В виду малости емкости конденсатора, цепь детектора безусловно влияла на длину волны волномера, так что определять последнюю теоретически по емкости и самоиндукции было бы не совсем правильно.

При всех проделанных измерениях ни разу не удалось установить какого либо заметного изменения длины волны при изменении самоиндукции оконечной спирали сети. Точность установки емкости конденсатора на резонанс не падала ниже 5 — 6%, так что можно считать, что изменения длины волны, если таковые и имели место, не превышали 3% первоначальной длины.

О каком-нибудь значительном изменении емкости оконечной части сети, которое могло бы компенсировать уменьшение самоиндукции, говорить не приходится. На схеме черт. 3 (стр. 305), хотя и увеличивается общая поверхность спирали при наложении радиального провода, но все же не приходится ожидать увеличения статической емкости, потому что при тех расстояниях, которые были между проводами спирали, емкость ее, как целого, определяется ее внешними размерами (габаритом). В случае, представленном на черт. 4, при изменении самоиндукции статическая емкость остается безусловно постоянной, и какие-либо изменения могут произойти только от некоторого перераспределения зарядов (потенциалов). Т. к. на верхней части сети располагается пучность потенциала, то и некоторые перераспределения его не должны влиять на волну. Заметим еще, что при некоторых измерениях были найдены не только первое (основное) колебание, но и второе и даже третье. И они оставались без заметного изменения при изменении оконечной самоиндукции.

Хотя произведенные наблюдения еще ни в коем случае нельзя считать исчерпывающими уже потому, что они произведены при весьма короткой волне, когда разные посторонние влияния сказываются гораздо сильнее, чем на длинных волнах, но все же мы полагаем, что они значительно подкрепляют эквивалентную схему черт. 1 (стр. 305), и дают основание надеяться, что по этой схеме, хотя бы с поправками, которые, может быть, дадут последующие наблюдения, мы выработаем простой и достаточно строгий для практики метод расчета радиосетей, не исключая и тех случаев, когда „статическая“ самоиндукция верхней части имеет заметную величину.

Петроград,
Электротехнический Институт.
Ноябрь 1921 г.

Об одной новой схеме усилителя с катодными лампами¹⁾.

Проф. К. И. Шенфер.

На черт. 1 (стр. 308) изображена схема усилителя с двумя катодными лампами, обычно применяемая для усиления радио-телеграфных и телефонных токов.

На этом чертеже обозначают:

L_1 — L_1 — провода телефонной линии, по которым течет ток, который должен быть усилен;

T_1 — T_2 — трансформаторы;

G_1 — G_1 — „решетки“ катодных реле;

F_1 — F_2 — нити накала „ „ ;

P_1 — P_2 — „цилиндры“ „ „ ;

A — аккумулятор, элемент, питающий нити накала;

B — высоковольтная акумм. батарея;

T — телефонный приемник.

Действие усилителя можно улучшить, включив последовательно с батареей B самоиндукцию D , как это показано на черт. 2; обозначения на этом чертеже те же, что и на черт. 1.

Значение самоиндукции D может быть пояснено следующим образом. Телефонный ток через трансформатор T_1 питает решетку G_1 первой лампы; в соответствии с изменением потенциала решетки G_1 ток в цепи цилиндра первой лампы i_1 также изменяется; благодаря этим изменениям тока i_1 во вторичной обмотке трансформатора T_2 индуцируется напряжение переменного тока; при этом вторичная обмотка трансформатора T_2 должна быть включена на решетку G_2 таким образом, чтобы при увеличении тока цилиндра первой лампы i_1 происходило уменьшение тока цилиндра второй лампы i_2 и наоборот.

Если бы вторичная обмотка трансформатора T_2 на черт. 2 была отключена совсем от решетки G_2 , то, при всяком увеличении тока i_1 , мы получили бы в первый момент каждый раз соответствующее уменьшение

¹⁾ См. Врем. свид. № 73959.

К. емамоє К. Улендсера.

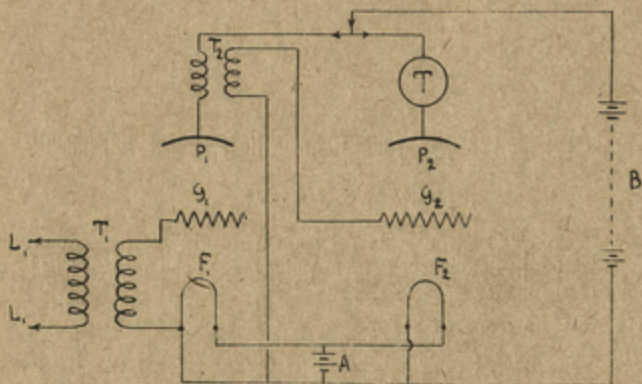


схема 1.

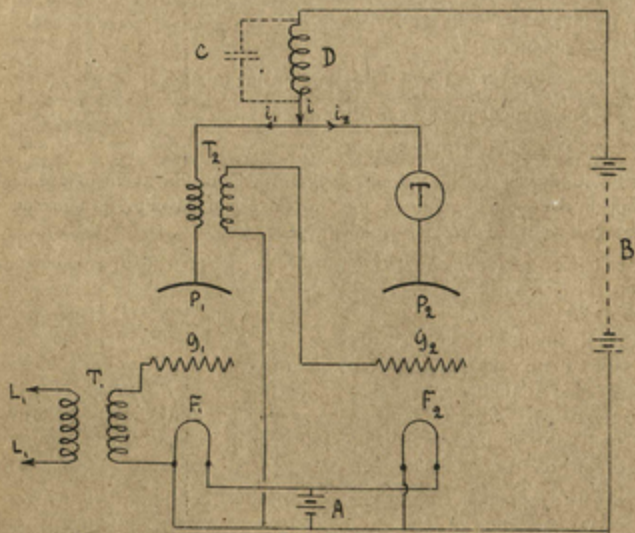


схема 2.

тока i_2 и — наоборот, т. к. благодаря наличности большой самоиндукции D , суммарный ток $i \approx i_1 + i_2$, текущий в цепи самоиндукции D , не был бы в состоянии быстро изменять свою величину в соответствии с изменением сопротивления в цепи первой лампы, и в первый момент времени ток i сохранял бы свою прежнюю величину.

Изменения тока i_2 мы можем усилить, включив вторичную обмотку трансформатора T_2 на решетку G_2 вышеупомянутым образом так, чтобы при увеличении тока i_1 происходило уменьшение тока i_2 и — наоборот.

Таким образом, в новой схеме на черт. 2 изменениям тока i_2 в цепи цилиндра второй лампы способствуют два обстоятельства: 1) наличие трансформатора T_2 , питающего решетку G_2 и 2) наличие самоиндукции D .

При старой же схеме (черт. 1) изменение тока в цепи цилиндра второй лампы i_2 вызывается исключительно трансформатором T_2 .

Указанная на черт. 2 схема может быть применяема также для числа катодных ламп, большего двух.

Для проверки вышесказанного была собрана схема по черт. 2, при чем в качестве трансформаторов служили два трансформатора с железом из франц. усилителя 3^{ier} , а в качестве самоиндукции D — катушка с железом, имеющая коэфф. самоиндукции = 3 генри. Во время работы выяснилось, что, при больших величинах коэффициента самоиндукции катушки D , в цепи $F_1 - P_1 - T_2 - T - P_2 - F_2 - F_1$ (см. черт. 2) возникают незатухающие колебания низкой частоты; для уничтожения последних оказалось достаточным включить параллельно катушке D небольшой конденсатор C (на черт. 2 показан пунктиром).

Во время опыта выяснилось, что усилитель по схеме черт. 2 с двумя катодными лампами (при включенном небольшом конденсаторе C для уничтожения собственных колебаний) дает коэффициент усиления, приблизительно равный коэффициенту усиления французского усилителя 3^{ier} с тремя катодными лампами.

Московское Высшее Техническое Училище.

Январь 1922.

Люберецкая радиостанция многократного приема.

В. И. Баженова, д. ч. РОРИ.

Недавно построенная близ ст. Люберцы Московско-Казанской жел. дороги (25 километров от Москвы) приемная радиостанция представляет собой дальнейшее развитие на практике системы автора направляемого радиоприема¹⁾ и является первым (в большом масштабе) практическим осуществлением последнего пункта патентной заявки от 24 октября 1917 г.

Согласно эскизного проекта, представленного в Радиоотдел НКПиТ по предложению последнего, еще в мае 1919 г., радиостанция предназначалась для осуществления направленного, избирательного и многократного (от заданных Радиоотделом корреспондентов) приема радиосигналов, а также для выполнения дуплекс-работы, т. е. одновременных: радиоприема на Люберецкой станции и радиопередачи с Ходынской мощной радиостанции (даже проектов других мощных радиостанций тогда в Москве не существовало. По причине всевозможных хозяйственных затруднений средствами НКПиТ удалось лишь к сентябрю 1920 г. построить мачту из одного бревна в горизонтальном сечении высотой 60 м и 3 барака, разборного (железнодорожного) типа. К тому времени успели несколько измениться и данные задания, требовалось установить одновременный радиоприем от следующих 6 корреспондентов (радиостанций): Карнарвон, Сан-Паоло (Рим), Варшава, Ташкент, Науен и Париж—при наличии нормальной радиопередачи в то же время с мощных Ходынской и Шаболовской радиостанций. Работа по подвеске замкнутых антенн и установке радиоприемников была поручена Радиоотделом секции „Электросвязь“ ВСНХ; непосредственными руководителями работ по подвеске и монтажке сетей и приемников были инженеры В. И. Баженов и Л. Б. Слепян, жившие с конца сентября до января 1921 г. на месте постройки, в одном из барakov.

Ввиду новизны системы потребовалось около 2-х месяцев опытных изысканий для решения вопроса о наимыгоднейшем числе витков и геометрических размерах замкнутых антенн, имеющих быть установленными. Для этой цели были с одной стороны использованы результаты

¹⁾ См. „Радиотехник“ № 15, стр. 570.

измерений над замкнутыми антеннами, производившихся автором в октябре 1919 г. в Радиолaborатории Радиокурсов Н. С. Кузьмина, а с другой стороны (главным образом) были произведены в Люберцах подвески пробных антенных контуров, с последующим изучением коэффициента слышимости (на действительной работе), собственной длины волны и т. д., как функции числа витков и геометрических размеров.

Не останавливаясь на деталях экспериментов, укажем, что постройка — установка в собственном смысле (т. е. устройство подвеса антенн, самый подвес, сборка приемников с намоткой катушек самоиндукции, конструктивным монтажом, устройство для зарядки аккумуляторов и т. д.) была выполнена всего в 25 дней.

Общий план замкнутых антенн, расположенных радиально от мачты, дан на черт. 1 (стр. 313). Для 5 из 6 заданных корреспондентов были установлены двойные замкнутые антенны с последовательным между собой соединением (черт. 2), для 6-го (Варшава) — был взят один виток.

Принципиальная схема типового радиоприемника станции, сконструированного при главном участии инженера Л. Б. Слепяна¹⁾, представлена на черт. 2. Следует подчеркнуть, что все 6 приемников были временного типа и сконструированы из имеющихся под рукой материалов; были использованы для монтажа отдельные части нескольких приемников типа „КЛ 2“, а также более или менее сохранившиеся приборы полуразобранных приемников полевых радиостанций Телефункен²⁾. Поэтому декременты затухания цепей смонтированных приемников оказались (ввиду несоответствия проволоки) сравнительно высокими, так например, для науенского приемника: $\delta_1 = 0,119$, для Сан-Паоло $\delta_1 = 0,121$ и для Парижа $\delta_1 = 0,083$. Приемники сконструированы так (см. схему на черт. 2), что по желанию можно принимать: 1) простой схемой (вставив детектор и телефон гнезда Д и Т 1-ой панели), 2) сложной схемой: а) на детектор — коммутатор (боковая сторона 2-ой панели) на Д, б) с усилением низкой частоты — коммутатор на НЧ и в) с усилением высокой частоты — коммутатор на ВЧ.

В течение первого полугодия 1920 г. станция находилась во временной опытной эксплуатации, причем в то же время происходила отделка различных деталей установки; планомерная работа по приему депеш, ввиду низкой температуры в фанерчатых бараках, была невозможна; таковая началась лишь с мая 1921 г. В течение мая и июня за

¹⁾ И много поработавших над монтажом радиотехников А. Ю. Цорма и В. И. Смыслова.

²⁾ В письме Радиотдела секции „Электросвязь“ ВСНХ, адресованном в НКПиТ, выражалось согласие выполнить радиоустановку в 6 недельный срок, при условии установки временных приемников, с последующей, через 9 месяцев, заменой их приемниками, изготовленными на заводе.

39 дежурств слушателей принято всего было 14924 слова (к сожалению, за отсутствием персонала, на радиостанции было установлено лишь одиночное дежурство—по одному радиотелеграфисту на сутки—на всю станцию).

Многократный прием и дуплекс-работа могли всегда быть произведены с полной уверенностью для всех заданных корреспондентов—за исключением Варшавской радиостанции. Прием Варшавы, успешный при молчании „МСК“ и производившийся в этом случае помощью одного усилителя 3-тер очень затруднялся при встречной работе Ходынки на передачу; при опытах значительное улучшение приема Варшавы при такой встречной работе достигалось путем наложения на принимаемые колебания таковых же от местного гетеродина. Объясняется это обстоятельство исключительно малой мощностью (всего 6 килов. первичной энергии) и устарелостью отправительной Варшавской радиостанции¹⁾.

Одновременная работа на передачу станции МСК и прием отдаленной Ташкентской станции на соответствующую антенну в Люберцах был с пользой осуществлен еще в ночь со 2 на 3 января 1921 г. „МСК“ дала станции „ТШК“—„Вас вызову после ЧЛБ“ и далее тотчас же начала передавать ряд радиограмм Челябинску. „ТШК“ не слышал ответного предложения „МСК“ („Вас вызову после ЧЛБ“) и начал передавать для „МСК“ две депеши (№ 74/2 и шифрованная за № 294). Конечно Ходынская радиостанция их не слышала, равно как и повторные вызовы Ташкентом Москвы („МСК—ТШК почему не даете квит? повторите № 1119“), так как все это время была сплошь занята передачей радио для Челябинска. В Люберцах же эти радиограммы из Ташкента были приняты полностью и тотчас же сообщены по проводному телефону дежурному на Ходынскую Радиостанцию; таким образом „Ходынке“ осталось дать для Ташкента лишь квитанцию в принятых (Люберцами) радиограммах.

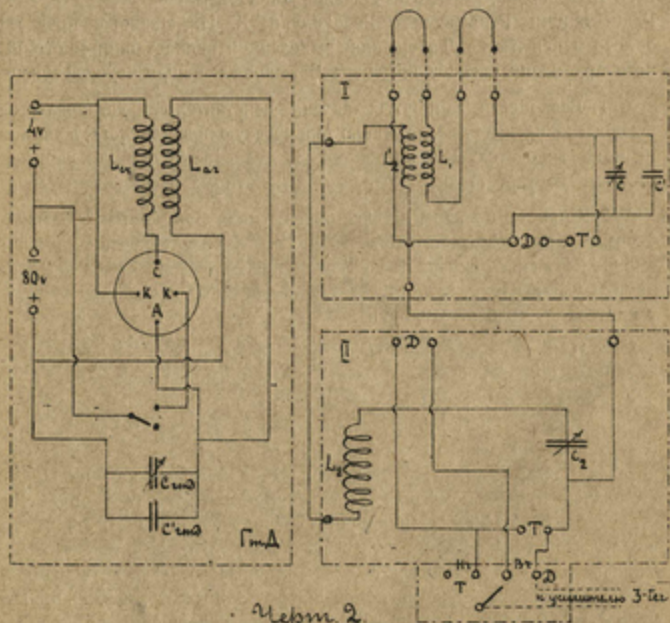
С марта 1921 года начались испытания возможности получения радиодепеш непосредственно в Центральном Радиотелеграфе (Москва, Метрополь) путем включения в приемники Люберецкой Радиостанции слуховых проводов (предложенных инженером К. И. Четыркиным еще в 1919 году) и соединявших Люберцы с загородной Московской телефонной станцией. Первые же испытания увенчались успехом—по одной линии производилась передача радиограмм почти всегда беспрепятственно; к сожалению не было возможности проверить передачу одновременно нескольких радиограмм—по нескольким парам слуховых проводов.

¹⁾ В октябре 1921 г. эта исключительно маломощная (для столицы государства) радиостанция, как и следовало ожидать, была заменена прекрасной, усовершенствованной по последнему слову техники мощной радиостанцией в Грудзе, близ Варшавы (козьювоя „ГРД“), работающей машинами Александерсона с длиной волны в 9800 метров.

К статье В.И. Баскенова.



Черт. 1.



Черт. 2.

Ввиду того, что опытное исследование многих интересных свойств замкнутых антенн Люберецкой радиостанции автор предполагает произвести (по заданию НКПиТ через Всерадиас) нынешней весной, с наступлением тепла, настоящее описание, как предварительное, заканчивается опубликованием следующего акта о техническом испытании — приемке Люберецкой Радиостанции от 2 июля 1921 г.

А К Т.

2-го июля 1921 года Комиссия в составе: представителей от Народного Комиссариата Почт и Телеграфов инженеров К. И. Четыркина и К. В. Гогунцева, представителя Рабоче-Крестьянской Инспекции П. Ф. Федотова, представителя от Секции Электросвязь В.С.Н.Х. В. М. Лебедева, и. д. Заврадио Люберецкой Радиостанции инженера П. М. Чижикова и производителей работ по устройству сети и установке временных приемников на той же станции инженеров В. И. Баженова и Л. Б. Сляпана, эксперта Начальника Приемной Информационной Радиостанции Реввоенсовета Республики Х. И. Иванова произвели осмотр и испытание Люберецкой выделенной радиостанции многократного приема по способу инженера Баженова и нашли нижеследующее:

1) Все шесть замкнутых антенн действительно установлены и устройство их имеет надлежащую техническую правильность; к зимнему периоду требуется дополнительное застекление в окнах с наружной стороны соответствующих отверстий, в которых расположены вводы.

2) Сконструированы и монтированы инж. Баженовым и Сляпаном 6 приемников. Соответственно заданным корреспондентам из 6 приемников 4 сконструированы со сложной схемой и снабжены гетеродинами и усилителями, а остальные 2 со сложной и фильтр-схемами и усилителями, но без гетеродина.

3. При производстве испытания оказалось что осуществляется одновременный прием от 5 корреспондирующих радиостанций, причем работа на передачу близлежащих радиостанций ходынской МСК и шаболовской МСП приему совершенно не мешает. По впечатлению членов Комиссии сила приема от этих 5 станций при усилителе 3-тер позволяет производить прием без надевания телефона на уши. Цифровая оценка приема (коэффициент слышимости) может быть определена величиною около 2001, — (имевшийся испытатель допускал параллельное телефонам включение лишь до 1 ома). Что касается приема от варшавской радиостанции, то сила приема оказалась хотя и весьма слабой, но тем не менее радиопелеша из Варшавы могла быть принята полностью. Слабость приема объясняется не несовершенством приемного устройства Люберецкой радиостанции, но маломощностью и устарелостью отправительной варшавской радиостанции.

По показаниям эксперта тов. Иванова сила приема на направленные антенны Люберецкой радиостанции не менее, чем сила приема на открытую антенну приемной радиостанции Реввоенсовета, и прием значительно свободнее от атмосферных и иных мешающих действий; в частности эти явления исключают в настоящее время на радиостанции Реввоенсовета прием депеш от Варшавы.

4) Кроме того комиссия проверила по одному проводу возможность получения радиодепеш непосредственно в Центральном Радиотелеграфе (Москва, Метрополь); производилась передача римской радиостанцией, при чем оказалось, по показаниям дежурившего в Метрополе радиотелеграфиста, что прием там вполне удовлетворительный.

5) Кроме непосредственно заданных 6 корреспондентов Люберецкая радиостанция позволяет принимать почти все западно-европейские и русские радиостанции, причем многие из них при одновременной передаче мощных Московских радиостанций ходынской и шаболовской.

Обращаясь к оценке Люберецкой радиостанции, как выделенной приемной радиостанции Московского Радиоузла, следует отметить следующее:

а) Радиостанция вполне отвечает поставленному ей заданию, впервые в России примененному, осуществлять прием от нескольких радиостанций при одновременной работе на передачу мощных отправительных радиостанций Московского Радиоузла (Шабаловка и Ходынка) в расстоянии 20—25 километров.

б) После устройства проволоочной связи между Московским Центральным Радиотелеграфом и передающими радиостанциями она позволит осуществить полную централизацию работы всего радиоузла, в несколько раз увеличив его пропускную способность.

Таким образом все работы, взятые на себя секцией Электросвязь ВСНХ по разработке, конструкции и установке сети и приемных устройств Люберецкой выделенной приемной радиостанции следует считать выполненными. Что касается второй части задания—непосредственного приема в Центральном Радиотелеграфе радиосигналов, получаемых приемниками Люберецкой радиостанции, то эта часть остается пока не совсем законченной.

1. Благодаря тому, что при самом производстве опытов с системой направленных антенн, впервые осуществляемых, выяснилась необходимость применений рей вдвое больших размеров, чем было предположено по проекту, мачта в своей верхней части оказалась несколько слабой для данной нагрузки и имеет прогиб, который, хотя и не представляет непосредственной опасности в настоящее время, но с течением времени, когда дерево мачты начнет утрачивать свою полную строительную прочность, может стать опасным; поэтому мачта требует особо тщательного надзора и немедленного устройства тальрепов, позволяющих легко производить регулировку мачты.

2. Приемники, смонтированные из частей других приемников, хотя вполне удовлетворяют своему назначению на данной установке, носящей по заданию временный характер, должны быть заменены аппаратами, специально построенными для данной цели, причем должно принять во внимание:

а) уменьшение затухания, б) улучшение конструкции конденсаторов и в) устройство переменной связи контуров.

3. В общем Люберецкая радиостанция в том виде, как она есть, вполне может быть принята в эксплуатацию, а принимая во внимание, что она дает возможность одновременно принимать на 6 приемниках, ее приемная пропускная способность превышает вдвое нашу самую большую приемную радиостанцию—Тверскую, которая одновременно принимает на 3-х приемниках, следовательно Люберецкая радиостанция не должна оставаться далее неиспользованной.

Затем, хотя это и не входит в непосредственную задачу комиссии, последняя считает долгом высказаться, что для эксплуатации Люберецкой радиостанции необходимо назначить теперь же хотя бы минимальный обслуживающий персонал и прежде всего постоянного заврадио, который жил бы при радиостанции и озаботился об удобствах жизни. Так как при постройке радиостанции было дано задание устроить ее как временную в целях проведения в жизнь нового начинания по возможности без больших расходов, то имеющиеся временные бараки в зимнее время холодны и требуют интенсивного отопления. Потому следует немедленно начать работы по утеплению бараков и заготовке топлива на зиму. Что касается возведения постоянных построек, то комиссия считает более осторожным не возводить постоянных зданий (кроме уже начатых), так как, в виду предстоящего открытия Трансатлантической радиостанции, нельзя без непосредственного опыта окончательно решить, останется ли выделенная приемная радиостанция Московского радиоузла в Люберцах или ее придется перенести в другое место.

Подлинный за соответствующими подписями.

В качестве добавления к этому акту следует упомянуть о том, что несомненное преимущество замкнутых антенн вообще перед открытыми, в смысле значительно большей свободы от атмосферных мешаний продемонстрировано было при испытании 2 июля следующим обстоятельством: 2 июля испытания по одновременному приему различных корреспондентов продолжались на Люберецкой радиостанции с 10 до 16 часов; прием производился без заметных помех со стороны атмосферных разрядов и был возможен на всех приемниках во весь указанный промежуток времени. Между тем на мощной радиостанции в Сокольниках (в 15 километрах от Люберецкой)—где электрическое состояние атмосферы едва ли могло сильно отличаться от такового же в Любер-

цах—о качестве приема за те же часы на установленную там открытую антенну в 120 метров высотой имеются следующие официальные отметки в аппаратном журнале от 2 июля: „12—14: приему мешают грозные разряды; 15—16: гроза, приемник выключен“.

Как показывает вышеприведенный акт технического испытания, впервые осуществленная в России в Люберцах установка многократного дуплекс—радиоприема по предложенному автором способу, отвечает поставленному ей заданию. Предполагая, что все указанные в акте пожелания комиссии выполнены, легко подсчитать, что при современной таксе на радиограммы, даже при осуществлении только трехкратного одновременного дуплекс—радиоприема „Москва“ в течение суток, Люберецкая радиостанция благодаря увеличившейся в несколько раз пропускной способности окупает все расходы по постройке ее в недельный срок. Станции с антеннами описанного типа, известными в Германии, как „брауновские“, а в Англии, как „франклиновские“, должны найти широкое применение в русском гражданском и военном радиостроительстве.

(Доставлено в редакцию 8 февраля 1922 г.).

Работа по радио быстродействующими и буквопечатающими аппаратами.

А. Ф. Шорина.

С первых дней развития радиотелеграфа еще при работе с когерером запись производилась на аппарате Морзе при помощи очень чувствительных реле. Но затем слуховой метод приема сигналов, дающий большую дальность действия и надежность, вытеснил крайне неуверенную и дорогую работу с когерером.

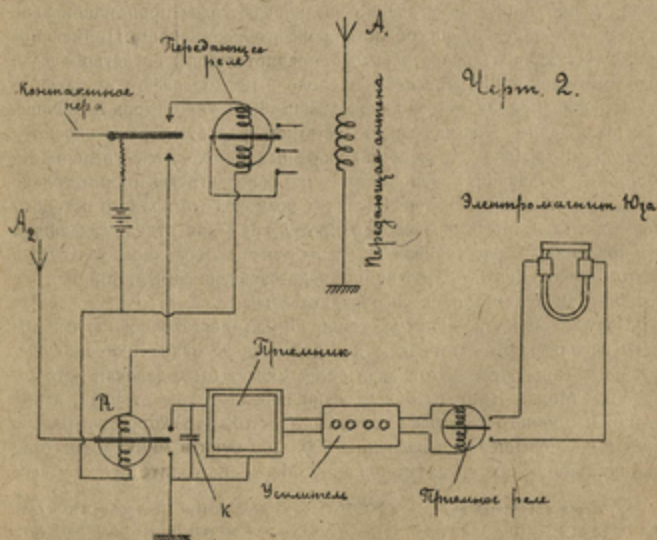
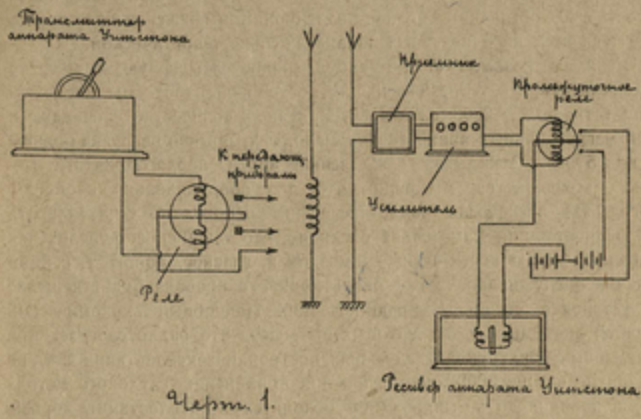
Появление катодной лампочки, усилителя опять заставило техников направить старания на получение достаточно большого усиления, чтобы иметь возможность работать с электрическим реле. До настоящего времени устройство такого усилителя представляло довольно сложную задачу, но в последнее время удалось сконструировать хорошие усилители, которые при небольшом количестве катодных ламп дают возможность получить ток в последней цепи около 10—15 миллиампер даже при слабой силе приема. При токе такой величины возможно работать надежно (особенно в местных цепях) при всяком реле. В этой статье я совершенно не буду останавливаться на конструкции и расчете усилителя для пишущего приема.

Задача пишущего приема будет совершенно разрешена, если мы сможем иметь передающую радиостанцию достаточной мощности и достаточное усиление.

Прежде чем перейти к обзору работы различными аппаратами по радио, необходимо выяснить, что именно достигается применением быстродействующих и буквопечатающих аппаратов.

Экономика телеграфа диктует необходимость увеличивать пропускную способность аппарата, т. е. таким образом увеличивается с одной стороны количество переданных по проводу телеграмм, а с другой стороны почти пропорционально уменьшается стоимость слова. В проволочном телеграфе мы имеем ряд аппаратов, дающих следующую теоретическую пропускную способность: аппарат Юза около 30 слов, аппарат Бодо четырехкратный $35 \times 4 = 140$, аппарат Бодо двухкратный $35 \times 2 = 70$, аппарат Уитстона при различной скорости трансмиттера от 30 до 160 слов и аппарат Сименса до 160 слов. Эти

К статье А. Ф. Морина



аппараты могут вполне надежно работать дуплексом. Из этой таблицы мы видим, что скорость работы по радио на слух при наибольшей скорости в 20 слов является крайне медленной. Коммерческая же скорость работы на всех перечисленных аппаратах ниже теоретической.

Если мы возьмем какую-нибудь радиотелеграфную линию, то можем считать, что, теоретически, при постоянной работе мы не сможем пропустить более 2800 слов в сутки. Такое количество слов даже и не на магистральных линиях очень мало, т. к. обычно нагрузка больше в 4 или 5 раз. Откидывая даже всякие другие неблагоприятные для радио обстоятельства, мы видим, что для оборудования какой-либо телеграфной магистрали радиотелеграфом необходимо устанавливать 4—5 радиостанций. Само собой очевидно, что такой способ увеличения пропускной способности очень громоздок и, главное, дорог, т. к. прокладка и обслуживание даже очень длинного провода будет дешевле чем установка нескольких радиостанций. Подробный экономический подсчет¹⁾ дает цифры, из которых вытекает, что радиотелеграф при современных конструкциях, условиях постройки и эксплуатации даже на расстояния свыше 3000 километров при применении слухового метода приема порядка до 50 микроампер обходится в эксплуатации дорожке проволочного телеграфа. Применение повышенной силы приема удешевит стоимость эксплуатации, т. к. главные расходы на личный состав, эксплуатацию мачт, здание увеличиваются не пропорционально увеличению пропускной способности, а значительно меньше. Применение быстродействующих аппаратов делает радиотелеграф средством связи вполне могущим конкурировать с проволочным телеграфом при работе на расстояния приблизительно около 2000—3000 километров и дальше.

Пока одним из главных недостатков радиотелеграфа являются атмосферные разряды, вследствие которых приходится увеличивать мощности передающих радиостанций, не довольствуясь одним только усилением принятых сигналов. В случае возможности полного освобождения от атмосферных разрядов радиотелеграф для отдельных линий, даже при коротких расстояниях, будет выгоднее проволочного телеграфа. Из этого небольшого обзора видно, какое значение имеет применение быстродействующих аппаратов в радиотелеграфе.

Получив при помощи усиления сигнал достаточной силы, мы можем использовать его энергию для действия на какое-либо из существующих типов реле. Этот знак затем может быть записан хотя бы аппаратом Морзе. Если мы будем знаки передавать не от руки, а при помощи машинного телеграфа системы Уитстона, то скорость передачи может быть повышена до величины 600—700 букв в минуту. Для приема таких коротких сигналов аппарат Морзе не годится т. к. у него

¹⁾ Доклад сделанный автором в ГОРН, Особой Комиссии по Постройке Радиосети Республики при НКПС и на 33-ей Научно-Технической беседе Нижегородской Радиолaborатории „О сравнительном экономическом расчете радиотелеграфа и проволочного телеграфа“ в декабре 1921 г.

пишущий рычаг имеет очень большую инерцию. Для приема необходимо применять ресивер аппарата Уитстона.

Для надежности действия и удобства регулировки более подходит схема с применением промежуточного реле и работы ресивера двумя полюсами (черт. 1, стр. 319). На первый взгляд такая схема является сложной ввиду того, что добавляется реле и местная батарея, но, вследствие частой необходимости работать со станциями различной мощности и при различных условиях приема, регулировку чистоты работы лучше всего вести через промежуточное реле. Самое удобное, если это реле можно регулировать одним винтом, как реле Сименса или Уитстона.

Неудобство этого аппарата заключается в том, что работа получается в виде азбуки Морзе и потому для отправки телеграммы ее необходимо переписывать. Вторым недостатком при работе аппаратом Уитстона без выделенной приемной является невозможность перебоя. Несмотря на необходимость переписки телеграммы, применение работы по радиотелеграфу с аппаратами Уитстона крайне выгодно благодаря его большой пропускной способности. Если установить аппараты Крида, то этот недостаток будет устранен и радиотелеграмма будет напечатана на ленте не знаками Морзе, а печатными буквами. Весь вопрос будет заключаться в том, что при данных условиях дороже, уход ли за аппаратом или плата переписчикам.

Для того, чтобы при работе двух станций без выделенных приемных иметь возможность давать перебой, автором еще в 1918 году были произведены опыты работы аппаратами Юза между Москвой и Детским Селом. Одна из схем работы указана на черт. 2. На указанной схеме представлена работа мощной радиостанции при двух отдельных антеннах, приемной и передающей; A_1 антенна передающая, A_2 антенна приемная. Ввиду особенности радиотелеграфа схема работы аппаратами была разделена на две совершенно отдельные части—схему передающую и схему приемную. Передающая часть имела передающее реле, ток в обмотке которого замыкался поднятием вверх контактного пера при нажатии соответственной клавиши. Передающим реле посылалась через антенну A_1 короткая точка в виде электромагнитных колебаний. В этот момент, при соответствующей регулировке, реле B_1 заземляло приемную антенну или же замыкало ее на землю через искровой промежуток K . Отпечатывание знака на своем аппарате происходило или автоматом Мандру или же помощью индуктированных токов через усилитель и электромагниты Юза. Прием на другой станции происходил через приемную антенну A_2 , приемник, усилитель и юзовские электромагниты. Ввиду того, что аппараты идут синхронно, при нажатии какой-либо буквы на передающей радиостанции юзовский электромагнит производит отпечатывание той же буквы на приемном аппарате. Для перебоя достаточно сделать нажатие нескольких клавиш, и передающая радио-

станция в промежуток между своими посылками тока будет получать ряд лишних знаков. Во всем остальном работа аппаратов Юза по радио носит такой же характер, что и по проволоке.

Атмосферные разряды достаточной силы будут в аппарате выбивать лишнюю букву, совершенно не искажая действительно передаваемых знаков. Для избавления от атмосферных разрядов можно работать как бы негативной передачей, именно вместо посылок точек делать посылки тире, а принимать разрывы. При таком условии влияние атмосферных разрядов можно почти совершенно уничтожить. Но такого рода работа очень неудобна во время остановки аппаратов, т. к. тогда аппаратом дается длинное тире и необходимо некоторое добавочное приспособление на приемной радиостанции, чтобы там не печатались сплошь различные буквы. Еще один недостаток работы аппаратами Юза по радио, это сравнительно легкое выхождение их из синхронизма под действием атмосферных разрядов. Синхронизм аппаратов Юза поддерживается специальным приспособлением (коррекционным колесом и коррекционным зубом), которое при каждой посылке регулирует аппарат, сдвигая его назад или вперед в зависимости от того, как идет приемный аппарат относительно передающего. Атмосферные разряды, ввиду их полной незакономерности, могут попадать в аппарат таким образом, что скорректируют аппарат в обратную сторону и какой-нибудь следующий атмосферный разряд или действительно посланный знак выбьет аппарат из синхронизма. Конечно, в аппаратах Юза восстановить синхронизм очень просто, — достаточно только перебить передающую радиостанцию и, когда обе станции будут арретированы, аппараты пойдут синхронно с первой же посылкой тока. Ввиду малой пропускной способности установить для передачи на большие расстояния аппарат Юза не имеет смысла. Лучше перейти к работе с аппаратами, имеющими гораздо большую пропускную способность и дающими телеграмму в печатном виде, — именно к аппаратам Бодо и Сименса.

В отношении схем включения аппаратов Сименса и Бодо для радиотелеграфа можно сказать, что они принципиально ничем не будут отличаться от схемы включения соответственно аппаратов Уитстона и Юза. Будут лишь необходимы небольшие переделки схем самого аппарата для того, чтобы работать не двумя полюсами, а одним. В рамках этой статьи нет возможности разобрать схемы включения аппаратов для работы на самих радиостанциях при схемах с выделенными приемными, с трансляциями по радио и по проводу и пр., т. к. это завело бы нас в детали обычного проволочного телеграфа, усложненного специальными радиотелеграфными схемами.

Одним из трудных устройств в смысле применения быстродействующих аппаратов в радиотелеграфе явится установка выделенной приемной радиостанции, находящейся на расстоянии в несколько сот верст, или же установка радиостанции с выделенной приемной, при необхо-

димости производить прием где-либо в третьем пункте, например в какой-либо главной узловой телеграфной конторе. Однако, такого рода схема даст возможность не применять совершенно переприема телеграмм, принятых по радиотелеграфу.

Первая схема устройства управления радиостанцией с большого расстояния и приема на выделенной радиостанции была испытана автором в Нижегородской радиолaborатории. Опыт был поставлен следующим образом: в радиолaborатории был установлен двукратный аппарат Бодо, причем обе его клавиатуры были поставлены на передачу. Аппарат был включен в проволочную линию Нижегородская радиолaborатория — Ходынская радиостанция. Все посылки токов передающего аппарата передавались при помощи реле на разрядник радиостанции и в антенну. Эти знаки Московской радиостанции принимались в Н.-Новгороде на небольшую приемную антенну, настроенную на Ходынскую радиостанцию. Сила приема Ходынской радиостанции была около 30 омов при 250 омном телефоне. Далее эти знаки (принятые по радио) усиливались специальным усилителем и передавались на приемный комплект аппарата Бодо. Работа получалась ясная и все знаки, даже сложные, с переходом на другой шрифт выходили правильно. Синхронизм аппаратов держался вполне устойчиво. Для проверки этого приемный комплект аппаратов останавливался совершенно, затем пускался и через 1 (максим. 2) минуты автоматически попадал в синхронизм. Влияние сильных атмосферных разрядов на аппарате Бодо в смысле нарушения синхронизма несказывается. Атмосферный разряд дает только искажение буквы. То же самое будет и в аппаратах Сименса.

Вся работа буквопечатающих аппаратов, кроме аппарата Уитстона, состоит в посылке отдельных точек, ничего общего с сигналами азбуки Морзе не имеющих и являющимися характерными для данного типа аппарата. Для принятия их должен быть соблюден целый ряд сложных условий, как-то применение телеграфного аппарата той же системы, синхронизация аппаратов и пр. При таких условиях прочитать на слух работу по радио совершенно не представляется возможным. Это является важным, как условие почти полной секретности передаваемых сообщений.

Из этого небольшого обзора видно, какое громадное значение имеет применение быстродействующих и буквопечатающих аппаратов в радиотелеграфе.

Нижегородская Радиолaborатория.

15 февраля 1922 г.

О незатухающих колебаниях связанных вибраторов.

В. В. Татарина.

Настоящая заметка представляет собою некоторые исправления и дополнения к статье того же названия, помещенной в № 11 „Титбл“. В этой статье, между прочим, мною было выведено условие возможности появления двух различных периодов незатухающих колебаний или, иначе, двух различных стационарных режимов системы. Условие это получено из требования, чтобы корни ур-ния (13)¹ (стр. 88), определяющего ω^2 , были действительные. Оно имеет вид:

$$m - 2 \alpha \alpha_1 > \sqrt{(m^2 - n^2)(1 - k^2)}$$

или приближенно

$$4 \alpha \alpha_1 < m k^2 + \frac{n^2}{m}.$$

Подставляя далее вместо α приближенные выражения, я получил

$$\left. \begin{array}{l} \text{для 1-го режима } 4 \alpha_1^2 < m k^2 \left[1 + 2 \frac{n(1-k)}{mk} \right] \\ \text{для 2-го режима } 4 \alpha_1^2 < m k^2 \left[1 - 2 \frac{n(1+k)}{mk} \right] \end{array} \right\} \quad (A)$$

Эти условия показывают,

1) что, когда $4 \alpha_1^2 < m k^2$, то около резонанса будем иметь два режима,

2) что при первом режиме колебания возможны при всяких положительных значениях n и при отрицательных, не превосходящих известного предела,

и 3) что при втором режиме колебания возможны при всех отрицательных значениях n и при положительных, не превосходящих тоже некоторого предела.

Но для точного определения этих пределов формулы (А) вообще не применимы, т. к. они приближенные и выведены для малых значений μ .

Точно также эти формулы не применимы к тем случаям, когда $4\alpha_1^2 = mk^2$ и $4\alpha_1^2 > mk^2$, ибо весь предшествующий анализ имел в виду случай преобладания связи над затуханием, т. е. предполагалось, что $4\alpha\alpha_1 < mk^2$. Поэтому мое объяснение появления „провала“ в работе генератора следует считать неправильным. Как границы „провала“, так и самое его появление должны обуславливаться свойствами данного генератора (связью контура сетки с контуром анода и характеристикой лампы). Дело в том, что величина коэффициента нарастания колебаний α определяется с одной стороны уравнениями незатухающих колебаний (13) и (16), с другой же — амплитудой и параметрами генератора. Существование „провала“ должно обуславливаться несовместимостью обоих этих определений.

Что же касается ур-ия

$$\frac{C \alpha^2 \alpha}{\beta^2} = \frac{C_1 \alpha_1^2 \alpha_1}{\beta_1^2}, \quad (B)$$

определяющего отношение амплитуд потенциала, то оно, как указал проф. Д. А. Рожанский, представляет собою баланс мощностей вибраторов.

Действительно, мощность P_1 резонатора определится ур-ием:

$$P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T i_1^2 R_1 dt.$$

Т. к. $i_1 = -C_1 \frac{dv_1}{dt}$ и $v_1 = \alpha_1 \sin(\omega t - \varphi)$, то

$$P_1 = \frac{C_1 \alpha_1^2 \omega^2 \alpha_1}{\beta_1^2}.$$

Аналогично найдем для мощности генератора

$$P = \frac{C \alpha^2 \omega^2 \alpha}{\beta^2},$$

откуда и получим ур-ие (B).

При этом следует заметить, что средние значения электростати-

ческой энергии w и электромагнитной W как у генератора, так и у резонатора оказываются не равными друг другу. Именно:

электростатическая энергия генератора

$$w = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{Cv^2}{2} dt = \frac{1}{4} Ca^2,$$

электромагнитная энергия генератора

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{L i^2}{2} dt = \frac{1}{4} Ca^2 \frac{\omega^2}{\beta^2}.$$

Аналогичные выражения получим для средних энергий w_1 и W_1 резонатора. Таким образом в у-ии

$$\frac{w \alpha}{\beta^2} = \frac{w_1 \alpha_1}{\beta_1^2} \quad (C)$$

под буквами w и w_1 следует разумеать не „полные энергии колебательных процессов“ в генераторе и резонаторе, а *средние электростатические* энергии вибраторов.

Если мы в у-ие (B) подставим значения электромагнитных энергий, то получим:

$$W \alpha = W_1 \alpha_1. \quad (D)$$

Все сказанное следует отнести и к более общей формуле

$$\sum_{\kappa=1}^n \frac{W_{\kappa} \alpha_{\kappa}}{\beta_{\kappa}^2} = 0^1).$$

Здесь под буквой W тоже следует подразумевать среднюю электростатическую энергию вибратора.

При экспериментальной проверке формулы (C) я определял, как видно из описания опытов, не электростатическую энергию вибраторов, а электромагнитную, причем следовало бы для проверки закона воспользоваться формулой (D).

¹⁾ См. „Техтс“ № 12, стр. 206, ур. (5).

Если внести соответствующие поправки в таблицу 3-ю, то получим следующие числа.

ТАБЛИЦА 3.

$$k = 0,184; \lambda_1 = 0,055; \lambda_p = 3990 \text{ м.}$$

λ_2 м	λ_1 м	$\frac{W_1}{W}$ измер.	$\frac{W_1}{W}$ вычисл.	$\Delta \frac{W_1}{W}$	λ_2 м	$\frac{W_1}{W}$ измер.	$\frac{W_1}{W}$ вычисл.	$\Delta \frac{W_1}{W}$
3800	3488	0,8	0,7	+ 0,1	4244	2,0	1,9	+ 0,1
3888	3548	0,9	0,8	+ 0,1	4286	1,5	1,4	+ 0,1
3978	3591	1,1	1,0	+ 0,1	4324	1,2	1,0	+ 0,2
4066	3635	1,3	1,2	+ 0,1	4376	0,9	0,8	+ 0,1
4146	3675	1,6	1,4	+ 0,2	4442	0,7	0,6	+ 0,1
4235	3700	1,9	1,7	+ 0,2	4495	0,5	0,5	0,0

Видим что экспериментальные данные всетаки остаются приблизительно на 0,1 больше вычисленных. Такое расхождение теории с опытом требует дальнейших исследований, как теоретических, так и экспериментальных.

Нижний-Новгород.
Радиозаборотия.
1 февраля 1922 г.

БИБЛИОГРАФИЯ.

Труды 8 Всероссийского Электротехнического Съезда в Москве 1—10 октября 1921 г. Выпуск 1. Электрификация России. 191 стр. Выпуск 2. Электрификация районов. 352 стр. Москва. Издание Государственной общеплановой комиссии.

Первый выпуск этого издания включает в себе доклад плана комиссии по электрификации России и обсуждение его, доклады в пленарных заседаниях съезда и резолюции. К радиотехнике относятся доклады проф. Шулейкина: „Развитие радиотелеграфии и радиотелефонии“ (118—122 стр.) и проф. Петровского: „Радиоассоциация и перспективы будущего“ (123—127 стр.). Между резолюциями отметим: обращается внимание на крайнюю важность для Республики экономики меди и на особый интерес в применении железа к замкнутым антеннам (№ 35, по докладу И. Г. Фреймана); признается безусловно необходимой скорейшая разработка прибора радио-терминатора, предлагаемого профессором А. А. Петровским (№ 40); обращается внимание на необходимость изыскать средства для широкой постановки экспериментального и теоретического исследования рамок и замкнутых антенн (№ 41, по докладу Л. В. Слепяна); признается необходимость „широкой разработки осциллографа проф. Чернышева и Я. Р. Шмидт и всех методов и последующего распределения прибора между радиолабораториями“ (№ 42); постановляется просьба о подробном изучении изобретения В. И. Баженова для всестороннего его применения в радиостроительстве России

(№ 43); съезд полагает, что передача радиосигналов времени Пулковской обсерваторией должна быть обставлена с полной надежностью, в виду крайней ответственности работ по определению географических пунктов (№ 44, по докладу Днепровского и Азбукина); съезд признал огромные достижения докладчика (М. А. Бонч-Бруевича) в условиях полной изолированности от иностранной науки, почему находит нужным просить Пост. Ком. Съездов принять меры к изданию научных изысканий проф. Бонч-Бруевича и описания его приборов и аппаратов для широкого распространения между работниками электросвязи Республики“ (№ 46); постановлено „войти с ходатайством: 1) Во Всероссийском о разработке вопроса классификации радиостанций по мощности и установить, какими величинами должна определяться мощность станции. 2) В Главэлектро о принятии решительных мер к постройке машин высокой частоты, катодных генераторов и к организации на заводах постройки дуговых генераторов, установив предварительно тип“ (№ 47, по докладу С. М. Айзенштейна); постановлено считать необходимым широкое развитие опытов по электрокультуре и истреблению вредителей токами высокого напряжения и привлечь к этим работам не только специальные учреждения, но и радиостанции, опытные станции и учебные заведения (№ 55, по докладу В. М. Лебедева); в виду того, что $\frac{1}{4}$ всех докладов научно-технич. секции 8-го съезда сделана была по вопросам радиотехники и применения токов высо-

кой частоты, постановлено выделить на 9 с'езде особую секцию — Техника токов высокой частоты и электросвязь (№ 33, по заявлению Л. И. Шпергазе); признается „желательным допустить устройство любительских приемных радиостанций“ (по докл. И. Г. Фреймана, № 12 секц. Б).

Выпуск 2-ой содержит доклады об электрификации по районам Севера, Петрограда, Сибири, Туркестана и по специальным видам электрификации, как напр. использования ветра, Днепра и т. д.

Эти доклады заключают в себе огромное количество статистического материала и разработанных проектов.

О природе электрического тока. — Под таким заглавием мы видим доклад проф. В. Ф. Миткевича, помещенный в 1-м выпуске „Трудов 8-го Всеросс. Электрот. С'езда“.

С большим интересом ожидали этот доклад те, кому пришлось в свое время, десять лет тому назад, в 1911 г. слышать в Физ. О-ве от В. Ф. Миткевича первые штрихи его представления о природе электрического тока. Десять лет мыслительной работы в этом направлении не прошли даром. Мы имеем перед собою определенную картину, увлекательную своею образностью, несущую в себе какой-то знак верности, соответствия с природою, как результат долголетней вдумчивости точного и искусного наблюдателя электрических процессов. Работа Миткевича почти что опровергает пессимистические слова О. Лоджа („Современные взгляды на электричество“) о скороспелости современных научных работ: „it seems next to impossible now to mature a work silently for twenty or thirty years, as was done by Newton two and a half centuries ago“.

Картина, предлагаемая проф. Миткевичем, особенно приложима к пониманию генерации электрического тока электромагнитным способом

и действия электромагнитного двигателя; она дает такой определенный метод усложнения за этими явлениями, что не только не требует мнемонических правил вроде правила трех пальцев, но может привести к усовершенствованиям в практическом пользовании этими явлениями.

В настоящее время проф. Миткевич находит, так сказать, внешнюю опору своей теории в теореме Липпмана (1919 г.), говорящей о супрапроводимости, а относительно своей мысли о превращении магнитного вихря в то, что мы называем электроном, как о последнем акте в явлении электрического тока по проводнику — в новой теории электрона Стэнли Аллена (1921 г.).

Передавать содержание доклада проф. Миткевича — это значило бы исказить его; до такой степени в оригинале каждое слово, каждая последовательность фраз носит печать глубокой обдуманности. Мы могли бы познакомить читателей с этим серьезным успехом нашей научной мысли лишь перепечаткою всего доклада в целости.

Военная электротехника. — Научно-популярный журнал Электротехнического Отделения Военно-Научного Общества при Военной Электротехнической Академии Р. К. К. Армии и Флота. № 1. Декабрь. 1921. 42 стр. Тираж 200 экз. Адр. редакции: гор. Сергиев, Моск. губ. Военная Электротехнич. Академия.

Эл.-техн. отделение нашей военной академии представляет собою столь здоровое работающее тело, что начинает выпускать свое периодическое издание, не блестящее по внешности, но серьезное, деловое, обдуманное (и хорошо прокорректированное) по своему содержанию.

Из девяти статей первого выпуска четыре посвящены военной электротехнике, остальные относятся к вопросам высшего военно-технического образования. Кроме того имеются отделы библиографии и хроники.

ИЗ ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

Излучение антенны. — Проф. Шулейкин в „Радиотехнике“ № 14 (февраль 1921) дал выражение для той длины волны, при которой антенна имеет наименьшее полное сопротивление; оказалось замечательное соотношение: при этой волне (λ_m) сопротивление излучения равно половине омического; отсюда получилась возможность „опытного“ определения действующей высоты антенны:

$$h_d = \frac{\lambda_m}{69} \sqrt{R_{\text{век}}}.$$

Как раз в это время у нас появился тот выпуск Radio Review (август 1920), в котором проф. Хоу приходит к совершенно подобным же результатам. Различие заключается лишь в том, что все вредное сопротивление антенны Шулейкиным принимается пропорциональным λ , тогда как Хоу разделяет его на две части, считая одну (сопротивление проводов) независящую от частоты, а другую (потери в диэлектрике) пропорциональную λ . Величины h_d для станций, исследованных Остином, у обоих авторов получились одинаковые (если иметь ввиду опечатку в таблице Хоу для станции Signal corps); у Шулейкина эти числа имеют особый интерес, т. к. являются подтверждением его способа вычисления действующей высоты, данного в той же статье.

Хоу воспользовался вышеуказанным соотношением между сопротивлением излучения и диэлектрических

потерь при λ_m таким образом: если обозначить $a = \lambda : \lambda_m$ и $b =$ (сопротивление проволок): $R_{\text{век}}$, то можно получить, что обратная величина кпд антенны, т. е. отношение ее полного сопротивления к сопротивлению излучения, равна

$$\frac{1}{\eta} = \frac{3a^2b}{1-b} + 2a^3 + 1.$$

Воспользовавшись этой величиной, если принять землю за идеально проводящую плоскую поверхность, безгранично пользоваться формулой Остина и считать за достаточный для приема градиент потенциала у приемной антенны равным 0,37 микровольта на см, получаем мощность необходимую в антенне отправления равную (после 5-кратн. увеличения для техн. запаса)

$$P = 15 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{D^2}{\eta} \cdot e^2 \text{ киловатт,}$$

где $\alpha = 0,003 D/\sqrt{\lambda}$; D — в килом.

Вычисление η для различных a и b привело к неожиданным результатам; напр. (судовая) антенна с $\lambda_m = 1000$ мт имеет кпд при этой волне 30%, а при волне втрое большей всего лишь 2%.

Вычисление P привело к выводу, что для малых расстояний и малых λ_m наименьшая мощность в отправительной антенне соответствует приближ. λ_m , и что получается гро-

мадное сбережение мощности при увеличении λ_m , иными словами, при столь малых диэлектрических потерях, что минимальное сопротивление получается лишь при очень большой

волне (т. к. лишь при такой волне и в этом случае сопротивление излучения соответствует λ_m).

Приводим таблицу из статьи Хоу (R. R. Sept. 1920, стр. 606).

Наивыгоднейшая длина волны λ в клм и соотв. ей наименьшая мощность в киловаттах, дающая градиент в $0,37 \cdot 10^{-6}$ вольт на см на расстоянии D (если принять формулу Остин — Козна) для различных λ_m в клм¹).

D клм	$\lambda_m = 0,5$		1		2,5		5		10	
	λ	P	λ	P	λ	P	λ	P	λ	P
1000	0,5	3,5	0,9	0,9	1,75	0,27	2,5	0,134	5,0	0,076
2000	1,15	430	1,5	70	2,4	9,0	4,0	2,7	7,5	1,1
3000	2,5	10500	2,5	1400	3,5	117	5,0	25	8,5	7,3
5000	—	—	6	75000	70	5100	8,75	770	12,5	150
10000	—	—	—	—	—	—	25	157000	30	20000

Новые улучшения в Паульсеновской дуге²). — Профессор П. О. Педерсен недавно опубликовал интересное сообщение об улучшении введенном им в конструкцию вольтовой дуги. Оно состоит в водяном охлаждении медной насадки, расположенной на угольном катоде близ зажигающегося конца. В каждый период дуга зажигается между ближайшими точками электродов и растягивается в магнитном поле, пока не потухнет. При нормальной работе она должна вновь зажечься в той же точке, где и в первый раз зажглась, но если поле слишком слабое, она зажжется, как длинная дуга, там где потухла и будет гореть в течение всего следующего периода, который таким образом не явится точным повторе-

нием первого. При более слабых полях должно пройти несколько периодов, пока дуга установится между ближайшими точками электродов. Эта неправильность в последовательных периодах колебаний может быть устранена соответственным усилением поля. Однако надо помнить, что чрезмерное увеличение напряжения поля ведет к уменьшению мощности дуги.

Применение насадки (черт. 4, стр. 338) с водяным охлаждением устраняет этот недостаток и заставляет дугу загораться между ближайшими точками электродов даже тогда, когда это было бы невозможно без насадки вследствие слишком малого напряжения магнитного поля.

Проф. Педерсен дал осциллограммы и фотографии, доказывающие правильность работы дуги с насадкой. Он установил, что увеличение мощности дуги при применении насадки невелико.

¹) В таблице пропущены технически невыполнимые мощности и соотв. им длины волн.

²) Статья Педерсена издана в русском переводе „Радиостом“ (см. Титби №11 стр. 122).

Чертеж 4 (стр. 338) дает ясное представление о конструкции насадки, которая устанавливается неподвижно, между тем как угольный электрод вращается.

Ртутные выпрямители большой мощности. — Одновременно с усовершенствованием и расширением области применения катодных реле, которые можно рассматривать, как приборы, преобразующие постоянный ток батареи анода в переменный, совершенствуются аппараты и противоположного назначения — ртутные выпрямители.

Принцип работы их, основанный — как и в катодных лампах — на использовании свойств накаливаемого катода, ясен из черт. 1 (стр. 337). Через эвакуированную трубку с 2 железными или графитовыми и одним ртутным электродом переменный ток проходит только в том случае, если в трубке создать вольтову дугу между ртутным катодом K и добавочным электродом; при этом прибор делается вентилем, пропускающим переменный ток лишь тогда, когда ртуть нагрета до высокой температуры током большой плотности и имеет знак минус. Вторичная обмотка трансформатора переменного тока $T_1 T_2$, средней точкой соединенная с катодом, питает выпрямитель попеременно то через один, то через другой анод. Выпрямленный ток совершает свою работу между точками B и C , катушка же самоиндукции L служит для изменения формы кривой переменного тока и более надежного действия выпрямителя.

В случае тока многофазного несколько анодов при одном общем катоде дают выпрямленный ток, а дуга переходит с одного анода на другой, если сила тока не падает слишком низко.

В первоначальных типах выпрямителей вакуум старались возможно повысить, и опыты показали, что он держался в течении несколь-

ких тысяч часов работы. Сила тока определялась размерами платиновых впаек, но тем не менее удалось построить приборы для тока в 100 ампер. Дальнейшее увеличение тока было связано с уменьшением срока службы аппаратов.

Такие выпрямители применялись с большим успехом для зарядки аккумуляторов, питания моторов и дуговых фонарей. Они были просты в обращении и занимали мало места: выпрямитель на 50 квв не превосходил размерами большой лампы накаливания. Коэффициент полезного действия выпрямителей достигал 95%.

Успех выпрямителей сравнительно небольшой мощности побудил заграничные фирмы (Браун и Бовери, „Компания выпрямителей“) предложить постройку более мощных типов этих приборов. При осуществлении этих попыток встретились следующие затруднения:

1) понадобились металлические камеры с вакуумом внутри до 0,02 мм ртутн;

2) подводку тока нужно было сделать герметической;

3) потребовалось предупредить возможность коротких замыканий между анодами, что случается, если один из них почему-либо начнет работать хуже.

Последнее достигается, если надлежащим образом разместить аноды и заставить дугу следовать по определенному пути внутри камеры с помощью особых направляющих поверхностей. Правильный выбор направляющих поверхностей устраняет и еще одну опасность — разрядов между анодами и нейтральными частями камеры, отчего получается на поверхности ртути осадок, могущий совершенно прекратить действие прибора.

Преодолев эти и некоторые другие затруднения, Браун и Бовери разработали тип выпрямителя большой мощности, изображенного на черт. 2 (стр. 337). Он состоит из стальной камеры с цилиндриче-

ской надстройкой наверху. На дне камеры находится ртутный катод (d), а в крышке укреплены 6 главных анодов (f) в охранных цилиндрах (g) и 2 вспомогательных (l). Стенки камеры (e), равно как и верхняя цилиндрическая часть (c), служащая для конденсации ртутных паров, снабжены водяной рубашкой (b), куда по трубе (m) подводится вода. Особая направляющая поверхность (h) не позволяет дуге отклоняться куда-либо в сторону, а соленоид (a) с анодом (k) контролирует степень нагрева ртутного катода. Подводка тока производится через ртутные запоры (черт. 3 стр. 337) с асбестовыми прокладками.

Вакуум в камерах дают насосы — необходимая часть всякой установки — с разрежением до 0,005 мм ртутн., но обычно вакуум колеблется от 0,01 до 0,1 мм. Измерения разрежения производятся не манометрами, а электрическими методами. Определяется либо сопротивление помещенной в вакууме проволоки, изменяющееся в зависимости от степени разрежения, либо разность потенциалов между вспомогательным анодом и катодом, зависящая от вакуума.

Обычные типы мощных выпрямителей дают выпрямленный ток в 250, 500 и 1000 ампер при напряжениях 100—800 вольт. Напряжение можно повысить с небольшими изменениями конструкции до 1200 вольт, и вероятно, как можно думать на основании лабораторных опытов, до 2400 вольт.

Н. Никитин.

Благоприятнейшая длина волны и атмосферные разряды. Л. Б. Турнера. Развитие радиотелеграфа знаменует применением для радиопередачи воли все большей и большей длины. При выборе рабочей длины волны приходится считаться со многими обстоятельствами; из них три главные заключаются в необходимости, во-первых, при возрастании

мощности увеличивать высоту антенны для уменьшения вредных потерь, во-вторых, при применении более мощных генераторов высокой частоты, особенно дуг и альтернаторов, применять меньшие частоты колебаний и, в третьих, при современном увеличении дальности действия радиостанций пользоваться все более длинными волнами для уменьшения поглощения на земной поверхности. Последнее соображение — дальность действия и является конечной целью подбора «наивыгоднейшей длины волны».

Если бы земля была плоской и атмосфера беспредельным совершенным диэлектриком, то напряжение электрического поля F (в эл.-магн. С. Г. С. ед.) ненаправляющей передающей антенны выражалось бы формулой

$$F = cH = c \frac{2\pi}{10^6} \cdot h_a I_a \cdot \frac{1}{\lambda x}, \quad (1)$$

где c — скорость распространения эл.-магн. колебаний (см./сек), H — напряжение магнитного поля (эл.-магн. С. Г. С. ед.), h_a — высота передающей антенны (км), I_a — амплитуда силы тока в антенне (амп), λ — длина волны (км) и x — расстояние между передатчиком и приемником (км).

Если бы можно положить, что произведение $h_a I_a$ не чувствительно зависит от выбора λ , то интенсивность принимаемых сигналов бесконечно возрастала бы с уменьшением длины волны. Но по поверхности земли падение интенсивности сигналов более быстрое, согласно формуле:

$$F = cH = c \frac{2\pi}{10^6} \cdot h_a I_a \cdot \frac{1}{x^\beta}, \quad (2)$$

где β есть функция от λ и x .

При том же предположении, что $h_a I_a$ не зависит от λ , для каждого x имеем теперь максимальное значение длины волны равно λ_0 , когда

$$\frac{d}{d\lambda} \left[\frac{e^{-\beta}}{\lambda} \right] = 0. \quad (3)$$

По Остину и другим измерениям

$$\beta = \frac{0,0015 x}{\lambda^{1/2}}, \quad (4)$$

откуда для наивыгоднейшей длины волны

$$\lambda_0 = 5,6 \cdot 10^{-7} \cdot x^2 = (0,00075 x)^2 \quad (5)$$

По расчету Фуллера, подтвержденному Валлаури измерением силы сигналов Аннаполиса, получается:

$$\beta = \frac{0,0045 x}{\lambda^{1/4}}, \quad (6)$$

откуда

$$\lambda_0 = 0,027 \cdot x^{0,71} = (0,0063 x)^{0,71}. \quad (7)$$

Эти наивыгоднейшие волны вычислены для обоих случаев в таблице 1.

Таблица 1.

Расстояние x в км.	λ_0 в км	
	по Остину.	по Фуллеру.
3000	5,1	8,0
4000	9,1	9,9
5000	14,1	11,7
10000	56	19

Разумеется выбор длины волны должен быть согласован и с первыми двумя вышеупомянутыми условиями.

По данным практики числа Остина и Коэна для λ_0 при волнах до 4 км и расстояниях до 4000 км являются более или менее подтвержденными. Условиям таблицы приблизительно удовлетворяет волна Клифдена при работе с Глас-Беем (около 5 1/2 км). Другие же передатчики, напр. в Круа д'Хинс (Лафайет) и Нью-Брун-

свики, применяют более длинные волны вследствие трудности построить большую дугу или альтернатор малой длины волны.

Вследствие возможности при помощи усилителей принимать и слабые сигналы, в настоящее время вопросом первостепенной важности является получение наибольших значений не для самой силы принимаемых сигналов, а для отношения ее к силе атмосферных разрядов. Эта величина пропорциональна отношению мощности передаваемых сигналов к силе атмосферных разрядов, но зависит также от длины волны, формы антенны и рода приходящих волн и атмосферных разрядов. Задачей настоящей работы является определение наивыгоднейшей волны.

Расчеты основаны на теоретических исследованиях Абрагама¹⁾ об освобождении от мешающих атмосферных влияний в замкнутом приемном контуре и открытой антенне. Разбираются расчеты Остина и Коэна и Фуллера для замкнутых контуров и открытых антенн.

При расчете величины устранения помехи (Störungsfreiheit), равной отношению количеств энергии, воспринимаемой от сигналов и атмосферных разрядов, надо иметь ввиду, что, во-первых, поле производимое атмосферными разрядами, представляет собой внезапное аperiodическое сотрясение $F_0 e^{-rt}$ (где F_0 — напряжение поля от атмосферных разрядов, а r — коэффициент затухания, что, во-вторых, коэффициент затухания антенны $p = \frac{R}{2L}$ гораздо меньше $p = 2\pi n$,

где n частота колебаний, и, в третьих, затухание от атмосферных разрядов r гораздо больше p . Тогда, полагая, что колебания имеют место в течение большого промежутка времени T , имеем для замкнутого контура

¹⁾ M. Abraham. Jahrbuch d. dr. Tel. 14 pp. 259—269, August 1919). „Рак. № 22, стр. 20).

$$q = \left(\frac{F}{F_a}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\rho} \cdot \frac{p^4(p^2+r^2)}{r^4} \cdot T, \quad (8)$$

и для открытой антенны

$$q^1 = \left(\frac{F}{F_a}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\rho^1} \cdot \frac{p^2(p^2+r^2)}{r^2} \cdot T. \quad (8a)$$

Итак качество воспринимаемых сигналов в смысле устранения помехи является функцией от ρ , p , r . У Абрагама $r^2 \ll p^2$, тогда приблизительно

$$q = \left(\frac{F}{F_a}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\rho} \cdot \frac{p^6}{r^4} \cdot T = \frac{F^2}{\delta} \cdot \frac{1}{\lambda^5} \quad (9)$$

и

$$q^1 = \left(\frac{F}{F_a}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\rho^1} \cdot \frac{p^4}{r^2} \cdot T = \frac{F^2}{\delta^1} \cdot \frac{1}{\lambda^3}, \quad (9a)$$

где $\delta = \frac{R}{2\pi L}$ — декремент затухания приемной антенны и λ — длина волны.

При сигналах не слишком слабых для приема современными усилителями наивыгоднейшей волной является та, которая дает наибольшее значение устранения помехи q .

Полагая $r^2 \ll p^2$, δ независимым от λ , считая F функцией от λ и x (форм. 2), получим приблизительно

$$q = \frac{1}{\delta} \cdot \frac{e^{-2\beta}}{\lambda^5 x^2} \quad (10)$$

и

$$q^1 = \frac{1}{\delta^1} \cdot \frac{e^{-2\beta}}{\lambda^3 x^2}. \quad (10a)$$

Надо найти λ , при котором эти выражения дают максимум.

Если мы выразим β по форм. (4) или (6), то приблизительно

$$q \text{ или } q^1 = \frac{e^{-2ux\lambda^{-v}}}{\lambda^w x^2}, \quad (11)$$

где u и v зависят от того, какая формула взята для ρ , а w от того,

взят ли замкнутый контур или открытая антенна.

Дифференцируя (11) по λ и приравняв нулю, найдем максимум при

$$\lambda = \left(\frac{w}{2ux}\right)^{-1/v}, \quad (12)$$

каковая длина волны и является наивыгоднейшей.

Подставляя соответствующие значения u , v и w в форм. (12), получим по Остину и Коэну

$$\lambda_{\text{опт}} = (0,00021 x)^2 \quad (13)$$

и

$$\lambda^1_{\text{опт}} = (0,00030 x)^2, \quad (13a)$$

а по Фуллеру

$$\lambda_{\text{опт}} = (0,0018 x)^{0,71} \quad (14)$$

и

$$\lambda^1_{\text{опт}} = (0,0025 x)^{0,71}. \quad (14a)$$

На таблице 2 приведены наивыгоднейшие значения для различных расстояний при $r^2 \ll p^2$.

Таблица 2.

Расстояние в км.	Оптimum длины волны в км.			
	Остин и Коэн.		Фуллер.	
	Рамка.	Откр. ант.	Рамка.	Откр. ант.
3000	0,40	0,81	3,3	4,2
4000	0,71	1,44	4,05	5,1
5000	1,10	2,25	4,8	6,0
10000	4,4	9,0	7,8	9,8

Таблица 3 дает те же величины для гораздо менее вероятного случая $r^2 \gg p^2$.

Таблица 3.

Расстояние в км.	Оптимум длины волны в км.			
	Остин и Козин.		Фуллер.	
	Рамка.	Откр. ант.	Рамка.	Откр. ант.
3000	0,81	2,25	4,2	6,0
4000	1,44	4,0	5,1	7,4
5000	2,25	6,25	6,0	8,7
10000	9,0	25	9,8	14,1

Предполагалось, что промежутком времени нарастания тока в приемной антенне при действии на нее сигналов передающей станции можно пренебречь по сравнению с промежутком времени передачи точек по азбуке Морзе. Для быстродействующих передатчиков, работающих на очень длинной волне, такое допущение невозможно. Истинное выражение амплитуды тока в момент времени t после начала сигнала равно $I(1 - e^{-p\delta t})$, где выражение в скобках есть величина порядка морзевской точки. Полагая продолжительность передачи точки Морзе равной θ , надо иметь $p\delta\theta$ достаточно большим (больше 3,4).

Возьмем, например, $p = 30000$ кол. в сек., т. е. $\lambda = 10$ км, $\theta = 0,01$ сек., т. е. $125 \frac{\text{с/сек}}{\theta \cdot \text{сек.}}$, $\delta = 0,002$, $p\delta\theta = 0,6$.

Отсюда очевидно, что обычный метод передачи сигналов Морзе неприемлем. Для хорошей передачи сигналов Морзе произведение $p\delta\theta$ может быть сделано около 1,8.

Тогда, $p\delta = \frac{1,8}{\theta}$.

Итак, при увеличении скорости работы, длины волны и при умень-

шении декремента $p\delta\theta$ приближается к 2. При этих условиях оптимум длины волны несколько понижается.

Дальше исследование ограничивается волнами, не превосходящими 5 км, и формулой Остина и Козина, а также предположением $r^2 \ll p^2$.

Максимальная мощность воспринимаемых сигналов от поля F при длине волны λ будет иметь место, когда сопротивление антенны вдвое больше сопротивления излучения; тогда

$$P_{\text{макс}} = \frac{2,37 \cdot 10^7}{c} \cdot F^2 \lambda^2 \left. \begin{array}{l} \text{эл.-маг. ед.} \\ \text{в см.} \end{array} \right\} \quad (15)$$

$$= 2,80 \cdot h_a^2 I_a^2 \cdot \frac{e^{-0,0030 x / \sqrt{\lambda}}}{x^2} \quad \text{ватт.}$$

Из (10а) и (4)

$$q^1 = k \cdot \frac{e^{-0,0030 x / \sqrt{\lambda}}}{\lambda^{1/2} x^2},$$

где k не является функцией от λ или x .

Затем (см. форм. 13а) $q^1 =$ максимуму, когда

$$\lambda = (0,0030 x)^2.$$

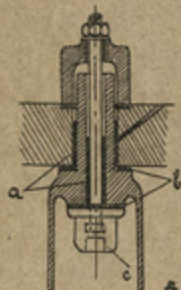
Отсюда для коэффициента устранения помехи имеем:

$$f = 1,1 \left(\frac{0,3 x}{1,000} \right)^{10} \cdot \frac{e^{-0,0030 x / \sqrt{\lambda}}}{\lambda^{1/2}}.$$

Число f , выражающее отношение устранения помехи q^1 при данной волне к устранению помехи $q^1_{\text{макс}}$ при невыгоднейшей волне будем называть "коэффициентом устранения помехи" для данной волны.

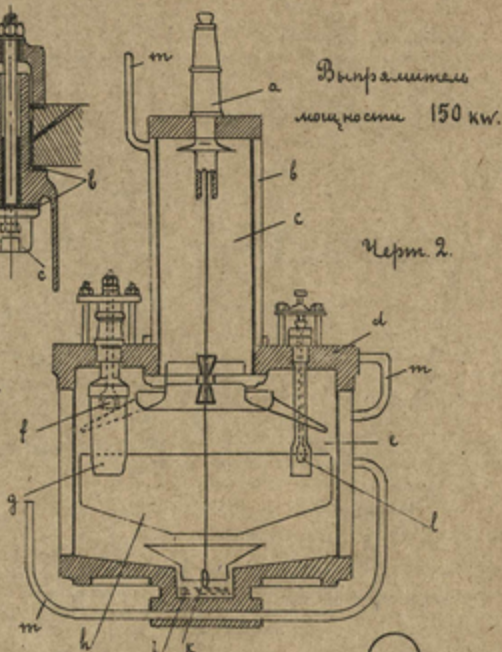
На черт. 1, 2 и 3 (стр. 238) мощность $P_{\text{макс}}$ и коэффициент устранения помехи f изображены, как функции длины волны. Из кривых этих чертежей явствует:

1) Наивысшая точка кривой устранения помехи дает невыгоднейшую волну в смысле наименьшей помехи от атмосферных разрядов.



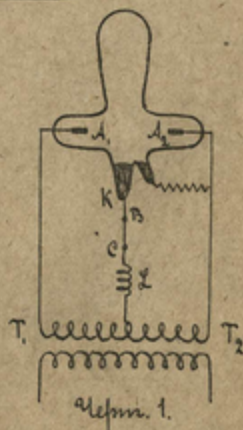
а - прут
б - азбест
с - анод

Черт. 3.



Черт. 2.

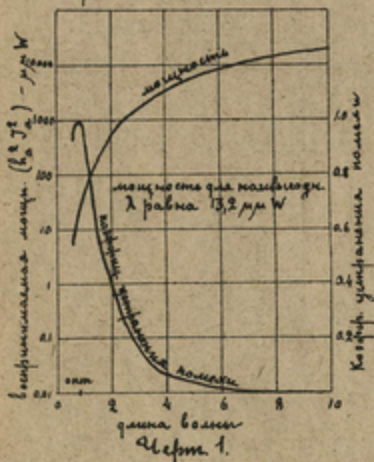
- а - анод для зажигания.
- б - водяное охлаждение.
- с - конденсирующий цилиндр.
- д - держатель анода.
- е - камера дуги.
- ф - анод.
- г - ограничительный цилиндр.
- к - направляющая дуги поверхности.
- т - трубы для водяного охлаждения.
- к - анод для зажигания.
- л - анод возбуждения.
- и - катод.



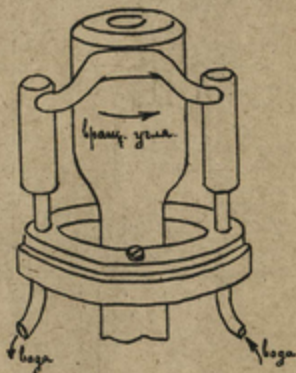
Черт. 1.

к стр. 333

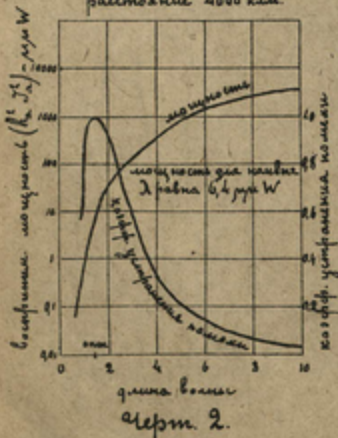
расстояние 3000 км.



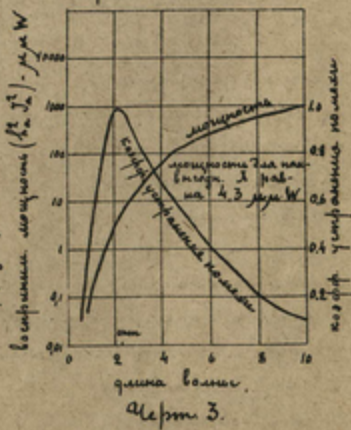
к стр. 331.



расстояние 4000 км.



расстояние 5000 км.



2) Ордината кривой мощности есть принятая мощность в микроваттах на 1 кв. километр — ампер в отправительной антенне. С возрастанием длины волны мощность не переходит через максимум, так как сопротивление зависит от длины волны. Предположение, что optimum сопротивления антенны равен двойному сопротивлению излучения более подходит практически к случаю открытых антенн и коротких волн. Тогда при увеличении мощности приема можно получить большее сопротивление излучения.

3) Для всех трех расстояний удвоение наивыгоднейшей длины волны удваивает мешающие действия, ибо если мощность принимаемых сигналов возрастает, например в 20 раз, то мощность атмосферных разрядов возрастает в 40 раз.

4) Устранение помехи q^1 уменьшается с увеличением расстояния, что видно из формулы (10а); q^1 при-

близительно $= \frac{e^{-2\beta}}{\lambda^5 x^2}$ при условии

постоянного декремента. По Остину

и Коэну q^1_{max} прил. $= \frac{1}{x^{12}}$. Отсюда, если минимум мешающих действий положить при 3000 км за единицу, то при 4000 км он будет 31, а при 5000 км 460, причем мы сравниваем мощности, а не силы тока.

Разберем численный пример. Пусть расстояние равно 4000 км, высота отправительной антенны 80 мт, сила тока в антенне 141 амп., длина волны 8,2 км. Наивыгоднейшая волна будет 1,4 км (черт. 2), $h_a I_a = 16$ км-амп.

Из (2) и (4) напряжения полей в приемнике суть:

при $\lambda = 8,2$ $H = 3,7 \times 10^{10}$,
при $\lambda = 1,4$ $H = 1,1 \times 10^{10}$.

Из черт 2

при $\lambda = 8,2$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{мощн. } 2600 \times 256 \mu W = 0,67 \mu W, \\ \text{коэфф. устр. помехи} = 0,07; \end{array} \right.$

при $\lambda = 1,4$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{мощн.} = 6,4 \times 256 \mu W = 0,016 \mu W, \\ \text{коэфф. устр. помехи} = 1. \end{array} \right.$

Сигналы мощности $0,67 \mu W$ при $\lambda = 0,2$ км не могли быть приняты, т. к. мачты огромной высоты должны быть применены для получения сопротивления излучения приближающегося к половине полного. Полагая высоту приемной антенны равной 0,08 км, получим сопротивление излучения 0,15 омов. В случае невозможности сделать полное сопротивление меньше 1,3 ома, мощность приемного тока будет $0,67 \times \frac{0,30}{1,3} = 0,16 \mu W$

и ее привять на детектор почти невозможно.

При короткой волне сопротивление излучения равно 5 омам и вычисленная мощность легко может быть получена и принята на детектор.

Уменьшение волны с 3,2 до 1,4 км понижает мощность приема сигналов примерно в 10 раз, а атмосферных возмущений в $\frac{1}{0,07} = 14$ раз.

Итак для освобождения от атмосферных разрядов являются выгодными более короткие волны.

Однако очевидно, что для возможности приема сигналов они не должны быть слишком слабыми. По Хоу для практической возможности приема необходимо, чтобы напряженность магнитного поля $H = 17 \cdot 10^{-10}$ эл.-маг. CGS ед. независимо от длины волны. По Валлаури $H = 26 \cdot 10^{-10}$ эл.-магн. CGS ед. для волны 17300 метров при приеме на рамку площадью 37 кв. мт. Деллинггер указывает на случаи приема без гетеродина при мощности $25 \mu W$ и считает возможным при приеме с гетеродином уменьшить мощность до $1 \mu W$.

Если напряжение в антенне передатчика 50 к В, емкость не меньше 0,0031 μF . Эта емкость дается клеточной антенной (cage aerial) в 200 мт в длину и 6 мт в поперечнике, — форма непрактичная. Излучение антенны 100 к В.

Заключение. — Из теоретических рассмотрений видно, что для расстояний порядка 4000 км надо применять волны гораздо меньшие обычных при условии возможности получения требуемой мощности на таких волнах.

Вычисления основаны на предположениях о теоретической форме и роде мешающих действий и на соотношениях между выделением проходящих сигналов и длиной волны. Все эти рассуждения основаны только на теоретических положениях и поэтому могут во многом возбудить большие сомнения. Поэтому теоретические заключения надо подтвердить точными опытными данными.

При работе Науэна с Того (расстояние более 3000 км) максимальная интенсивность сигналов имеет место при длине волны 12—14 км (см. табл. 3). Наивыгоднейшей волной оказалась волна 4,5 км, а при волне 9400 мт прием был невозможен вследствие увеличившихся атмосферных разрядов, хотя интенсивность сигналов была достаточно велика.

Radio Review. Октябрь 1921 г.

С. Гор.

Любители радиотелеграфа в Америке и Австралии. — В № 11 „ТиТбп“ на стр. 126—128 нами была описана радиотелеграфная жизнь за границей, причем в этом описании мы коснулись преимущественно Англии.

Сейчас мы дополним это описание некоторыми данными о радиотелеграфной жизни в Америке и Австралии.

В Соединенных Штатах Северной Америки любители пользуются свободой, весьма благоприятствующей их работе. Радиоприем совершенно свободный, радиопередача ограничена мощностью в 1 квл и длиной волны в 200 мт, за исключением местностей, находящихся в непосредственном соседстве с правительственными радиостанциями, где мощность ограничена величиной от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ квл. Впрочем, по специальным

разрешениям, довольно часто даваемым, мощность допускается и больше 1 квл. Наибольшее допустимое затухание от 10 до 100. Радиостанции с простой схемой не могут пользоваться энергией большей 100 ватт.

Любители пользуются официальной поддержкой со стороны правительства. Прекрасной характеристикой отношения американского правительства к радиолюбителям может служить выдержка из письма представителя Морского Департамента издателю „Wireless press“ Эндрию Уайту от 22 марта 1921 г. „Морской департамент желает покровительствовать, поскольку это представится лишь возможным, интересам радиолюбителей всех стран и, исходя из этого принципа, надеется установить более тесную совместную работу Морского Департамента и любителей.

Мое знакомство с патриотизмом любителей, доказанным ими во время войны, и их огромные заслуги являются достаточными, чтобы убедить меня не только в желательности, но и в необходимости в целях национальной обороны покровительствовать интересам любителей, и я могу Вас заверить, что Департамент будет покровительствовать возможно более широкому развитию любительского радиотелеграфа“.

Конечно, при таком поощрении со стороны правительства, количество любителей в Соединенных Штатах, рассеянных по городам и деревням, достигло нескольких десятков тысяч. Еще в феврале 1920 г. в одном Чикаго было около 700 любителей. В марте 1921 г. в Нью-Йоркском радиообществе состояло около 2000 любителей.

„В единении сила“ — таков девиз американских любителей, которые, не удовлетворяясь объединением в многочисленные общества, создали широкую организацию, называемую „Американской Лигой Радиосвязи“ (American Radio Relay League). Бюро

Американской Лиги помещается в Гартфорде в Коннектикуте. Лига разделила всю страну на округа. В каждом округе любители выбирают себе в председатели лицо достойное, как по своей компетенции в радиотелеграфе, так и по качеству его радиостанции. Каждый председатель наблюдает за всем, происходящим в его округе, призывает к порядку любителей, чрезмерно мешающих своей работой другим радиостанциям, и посылает ежемесячно в Гартфорд подробный доклад о работе в округе с указанием на лучшие радиостанции, слышимые на большие расстояния, и на наиболее опытных радиоработников.

Эти доклады позволяют Американской Лиге Радиосвязи организовать радиосвязь по континенту Америки. Раз в год Лига устраивает испытание, заключающееся в отправке радиотелеграммы на какую-либо радиостанцию, находящуюся на другом берегу континента. Целью испытания является получение ответа в наименьший возможный срок. В 1921 г. были побиты все предыдущие рекорды. 16 января 1921 г. телеграмма из Гартфорда в Коннектикуте в Лос Энджелс в Калифорнии была отправлена в 4 ч 13 и 45 сек, и ответ был получен в 4 ч 20 м. 15 сек, т. е. весь путь телеграммы был совершен в 6½ минут. Расстояние от Гартфорда до Лос-Энджелса превышает расстояние от Москвы до Парижа. Любители, которые могут выполнить подобное задание со станциями в 1 км при длине волны в 200 мт, разумеется окажутся в нужный момент незаменимыми помощниками для правительства.

И в настоящее время любители оказывают порой серьезную помощь своей стране. Следует отметить работу кораблей, которые нередко с большим риском шли для спасения погибающего корабля, дающего радиосигналы бедствия "SOS" — „спасите, наши души“ („Save our souls“).

Для уменьшения несчастных случаев с кораблями два легких американских парохода дают сигналы во время тумана дважды в день по полчаса, давая возможность судам, попавшим в подлосу тумана, определить свое положение.

При такой посильной работе, которую карабли несут в деле помощи обществу и государству, вполне понятно, что владельцы караблей требуют свободного радиорынка.

Но любители занимаются также и чисто научными вопросами. Они сотрудничают с „Бюро Мер и Весов“ („Bureau of Standards“) в Вашингтоне по опытам, целью которых является определить причину изменения силы сигналов малой длины волны. В течение трех месяцев два раза в неделю производилась специальная передача тремя назначенными для этих опытов любительскими радиостанциями. Сигналы были приняты большим числом радиостанций и их интенсивность была изображена в виде кривых. Все эти кривые были посланы в „Бюро Мер и Весов“ с целью определить, являются ли они одинаковыми для всех направлений, имеют ли они отношение к метеорологическим условиям общего или местного характера, вообще от чего зависят.

Американская Лига Радиосвязи имеет свой официальный ежемесячный журнал „QST“, издаваемый любителями для любителей. В нем между прочим публикуются списки позывных сигналов слышимых радиостанций, дающие возможность каждому любителю дать себе отчет, до каких мест его сигналы слышны, и убедиться, являются ли его усовершенствования своей радиостанции действительными. Из этого журнала организаторы связи могут узнать, какого рода станциями лучше пользоваться. Журнал этот публикует также доклады представителей отделов различных округов и названия радиостанций, давших наибольший обмен за предшествовавший месяц. Наконец, существует „почетная таблица“,

где выражаются в весьма иронической форме пожелания различным любителям, напр., „если бы такой-то умел принимать на слух“, „если бы такой-то не передавал буквы “U“, как “S“, „если бы такой-то давал меньше сообщений и больше слушал“ и т. д. Не желая попасть на эту таблицу, любители принимают к сведению все замечания.

Американские любители применяют все больше и больше станции с незатухающими колебаниями и работают по радиотелефонии. Их сигналы слышны очень далеко, подчас через весь континент Америки, они были однажды слышны кораблем в Гибралтаре; радиотелефон был слышен любителями в Шотландии.

Теперь американские любители желают добиться регулярного приема европейских любителей.

В Австралии любители сгруппировались преимущественно около города Перта, в песчаной местности. Т. к. кроме прибрежной местности весь австралийский материк представляет собой пустыню высотой от 300 до 600 м над уровнем океана, почва которой пересыхает летом на значительную глубину, то радиотелеграфисту трудно добраться до „земли“ в электротехническом смысле этого слова. В городе Перте вторым затруднением является трамвайная линия. Кроме того сеть электрического освещения сильно нагружена и изменения нагрузки сильно мешают радиоприему, несмотря на все предосторожности со стороны любителей. Кроме того атмосферные разряды значительно сильнее, чем в средней полосе Европы. С другой стороны, единственная мешающая станция „VIP“ в Эпплкроссе работает с кораблями искрой на волне 600 мт, что дает возможность полной отстройки при приеме станций с длинной волной и легкого приема европейских станций, работающих на волне 10000 мт и более длинных волнах.

В марте сила сигналов Европы начинает медленно возрастать через час после захода солнца в Австралии (т. е. за 7 часов до захода солнца в Европе) и достигает максимума в 1 час ночи, (т. е. за час до захода солнца в Европе.) Этот максимум держится весь остаток ночи и за час до восхода солнца сила приема начинает быстро падать, пока не достигнет дневной интенсивности.

В Австралии лучше всего слышны Наузи (POZ) и Лион (YN), порой Лафайет (LY). Эйльвезе близ Ганновера (OUI) и Сан-Паоло близ Рима (IDO) также легко принимаются, но на этих волнах (от 12 до 20 км) мешающие действия атмосферы и других более слабых станций значительны.

Ночью, по сообщению австралийских любителей, хорошо слышны сигналы из Аннаполиса (NSS), находящегося близ Нью-Йорка и работающего на волне 17000 мт. Днем сигналы этой станции, являющейся по своему географическому положению почти антиподом Западной Австралии, также были слышны во время трамвайной забастовки, когда мешающее действие трамвайного движения не имело места. Принимался „NSS“ на антенне из трех параллельных проволок высотой в 9 мт и длиной в 15 мт; самоиндукции приемника состояли из двух однослойных намоток со слабой связью; конденсатором служила лейденская банка; усилитель был трехкратный высокой частоты. Эти же сигналы были слышны с одной лампой при приеме на антенну в 12 мт высоты и 50 мт длины. Можно отметить, что усилители низкой частоты в южных широтах, в частности в Австралии, непригодны вследствие очень сильных атмосферных разрядов.

Ввиду пустынности Австралии и слабой ее населенности телеграфные линии явятся чрезмерно дорогими и не смогут окупиться. Поэтому правительством решено построить две радиостанции для сношений с част-

ными любительскими станциями. Стоимость телеграфной линии для Западной Австралии оценивается в 60000 фунтов стерл., а стоимость радиоустановок — в 5000 фунтов стерл.

Так как в Австралии нет фирм, изготавливающих радиотелеграфные приборы, то правительство и любители делают заказы в Англии.

С. Гор.

Радиостанция в Лифельде.—18 августа 1921 г. открыта радиостанция в Лифельде близ Оксфорда для сношения с Египтом.

Эта станция находится на высоте 183 мт над уровнем моря, и занимает площадь в несколько миль в окружности.

Десять трубчатых стальных мачт высотой 91 мт построены фирмой Маркони.

Две паульсеновские дуги мощностью 250 квл построены фирмой Эльвель.

Ламповый передатчик в Клифдене.—В Клифдене в конце 1920 года вместо прежнего искрового передатчика установлен новый — ламповый, состоящий из двенадцати маркониеских ламп.

Средняя действующая высота антенны около 30 мт. Антенна поддерживается деревянными мачтами высотой от 55 до 61 мт. Площадь сети значительна, именно длина 762 мт, средняя ширина 366 мт; число проволок 32. Емкость равна приблизительно 0,035 микрофарды. Сопротивление антенны всего лишь 0,6 ома. Напряжение 20000 вольт, длина волны 7000 мт.

Интересно отметить, что вся установка для замены искровой станции на ламповую была привезена из Англии в пассажирском поезде.

Обычно работа радиостанции происходит при 180 амперах в антенне и мощности около 24 квл, что обеспечивает нормальную коммерческую связь с Канадой (Глас-Беем).

Ламповый передатчик в Карнарвоне.—25 ноября 1921 г. в Карнарвоне поставлен новый передатчик из 48 маркониеских ламп типа *MT*, с анодным напряжением 10000 вольт. Ток дается 4 последовательными генераторами типа *dc*. Новое заземление сделало сопротивление антенны меньше одного ома. Антенный ток 350 ампер.

Передача при этой установке очень хорошая и принимается в Мельбурне и Сиднее почти полностью.

В своем докладе — лекции в конце ноября 1921 г. в Королевском Обществе в Лондоне Маркони сообщил, что не только издержки при установке лампового передатчика гораздо меньше таковых для машины высокой частоты или дуги, но и действие его гораздо надежнее, т. к. почти невероятно, чтобы все лампы сразу перегорели, а перегорание нескольких ламп никоим образом не останавливает работы передатчика, а лишь несколько понижает его мощность.

Сверх-мощная радиостанция — на Long Island, в 100 километрах от Нью-Йорка. Постройка этой радиостанции, рассчитанной на непосредственную связь со всей Европой и Южной Америкой, была начата в июле 1920 года, а первые пробные депеши передавались уже в октябре 1921 года. Официальное открытие станции произошло 5 ноября истекшего года передачей приветственной депеши президента Гардинга по адресу всех радиостанций всего мира. Эта депеша была принята во всех частях Европы, в Японии, Южной Америке, Австралии и даже в Новой Зеландии, что является рекордом, так как расстояние превышает 16000 километров. По окончании всех работ эта установка будет самой мощной в мире, т. к. общая мощность всех машин достигнет 2000 квл.

Для наиболее экономичного использования этой Центральной Радиостанции (как называли ее амери-

канцы) функции ее были распределены между 3-мя отдельными органами, находящимися между собой однако в самой тесной связи. Подобно тому, как у нас в России было предположено сосредоточить прием радиogramм для всей Москвы на приемной станции в Люберцах (работа инж. В. А. Баженова), так и там прием производится отдельной установкой в 25 километрах от передающей, причем одновременно прием и передача могут быть в разных направлениях (до 10).

Третий орган (traffic office, радио-узел) помещается в Нью-Йорке, в центральной части города. Вспомогательные линии между тремя отделениями позволяют производить прием как на слух, так и на быстродействующие аппараты, а также и передачу из центральной конторы. Персоналу на местах остается только регулирование приборовой настройки.

Воздушная сеть передающей станции, занимая площадь около 2400 десятин, должна состоять из 12 радиально расположенных антенн. Каждая из ветвей имеет 6 стальных мачт на расстоянии 375 мт одна от другой, высотой по 123 мт и весом 150 тонн каждая. Фундамент каждой мачты потребовал 8200 тонн материала. До настоящего времени (к январю) установлено 12 мачт, общим весом в 1800 тонн. Для подема сети, в начале каждого ответвления системы установлены еще вспомогательные мачты по 45 метров.

Антенна — системы Александерсона, сложно-настроенная: на своем протяжении имеет 6 заземлений с катушками самоиндукции для настройки, по американски помещен-

ными прямо под открытым небом.

Сеть состоит из 16 параллельных силикобронзовых канатиков, диаметром 9,5 мм. Для заземления зарыто пока 720 километров медной проволоки.

Законченная установка „Беспроволочной“ Радиостанции будет иметь 78 мачт, весом около миллиона пудов; и воздушную сеть из кабеля длиной в 540 километров. Грандиозность установки должна бы, казалось, наводить на размышления о своевременности прекращения роста мощностей передающих станций и изыскания способов увеличения коэффициента отдачи воздушной сети. В области приема сделано гораздо больше.

На передачу работают 200-киловаттные машины Александерсона, которых предположено 10, на общую мощность 2000 кв. К январю работало только 2 альтернатора. Скорость работы каждого передатчика доведена до 100 слов в минуту.

Частота машины 15000—20000. В настоящее время станция работает почти непрерывно на волне 16465 мт. Позывные ее W Q K.

Новые рекорды быстродействующих радиоаппаратов. — На радиостанции „Нью-Йоркского Таймса“ установлен приемный аппарат „диктафон“, принимающий прессу по радио из Лафайет и Науэна со скоростью 100 слов в минуту.

Скорость передачи из Науэна в Меррион (С.-Ам. Соед. Шт.) повышена с 50 до 80 слов в минуту.

Х Р О Н И К А.

Юбилейное Собрание Российского Общества Радиоинженеров. — 27 декабря 1921 года, в зале заседаний Всероссийской Ассоциации Инженеров (Москва, М. Харитоньевский пер. 4) состоялось 100-е, юбилейное,

Общее Собрание Российского Общества Радиоинженеров.

Торжественное собрание было открыто речью Председателя Общества, проф. М. В. Шулейкина, приветствовавшего членов общества

с его сотым общим собранием и осветившего в дальнейшем докладе историю возникновения РОРИ и главнейшие моменты в последующей жизни его. Затем секретарем РОРИ, инж. В. И. Баженовым, был прочитан краткий отчет о деятельности, постепенном росте числа членов и современном положении общества. Рост числа членов о-ва по месяцам, число часов общих собраний РОРИ, число присутствовавших на каждом заседании членов общества и гостей — были наглядно демонстрированы докладчиком на диаграммах: вот некоторые из характерных цифр: со дня основания общества, 31 марта 1918 года было общих собраний РОРИ: 1918 г. — 16, в 1919 г. — 26, в 1920 г. — 17, в 1921 г. — 41; Петроградское отделение РОРИ имело в 1919 г. — 10 собраний, в 1920 г. — 14 и в 1921 г. — 17 собраний. Состав общества с 34 членов-учредителей возрос до 157 человек (включая Петроградское и Нижегородское отделения), из них три почетных, 116 действительных членов и 38 членов-соревнователей.

Всего на общих собраниях доложено было 158 научно-технических тем (отделения не включены), из них М. В. Шулейкиным было сделано 34 доклада, В. И. Баженовым — 19, В. М. Лебедевым — 15, С. М. Айзенштейном — 13 и т. д. Вся эта огромная работа была выполнена исключительно благодаря глубокому интересу и любви к радиотехнике со стороны членов общества за истекшие три с половиной года (характерная справка: общество имеет поступления в кассу почти исключительно от членских взносов; наибольший членский взнос — в 1921 году — 1000 рублей в год; баланс же РОРИ за 1920 г. сведен всего лишь в сумме 6270 р. 06 к.). Общество основанное 31 марта 1918 г., является в хронологическом порядке вторым в мировой истории (первое — американское общество радионинженеров, учрежденное в 1912 г.).

По предложению Председателя —

всеми присутствовавшими (свыше 100 человек) была почтена вставанием память скончавшихся членов РОРИ. Затем секретарем общества были прочтены приветствия по случаю Юбилейного Собрания РОРИ: от Совета Нижегородской Радиолaborатории Н. К. П. и Т. и от члена Коллегии Н. К. П. и Т. — И. М. Николаева. Далее заслушаны были приветствия: от Всероссийской Ассоциации Инженеров (В. С. Турковский), от Военной Электротехнической Академии (В. Д. Тейковцев) и от Электротехнического Института Связи (В. Э. Делакроа). По постановлению собрания посланы приветственные телеграммы старейшим учителям по радиотехнике — проф. А. А. Петровскому и проф. В. К. Лебединскому.

Затем следовала организованная Советом Общества серия двадцатиминутных докладов членов Совета РОРИ, имевших назначением познакомить присутствовавших (в большинстве не радионинженеров) с современным состоянием прогресса в различных областях радиотехники. Первым был заслушан доклад А. А. Савельева: „Исторический обзор развития радиотехники“, вторым М. В. Шулейкина: „Проекты радификации в различных государствах“. Затем по просьбе присутствовавших (вне программы) проф. В. П. Володин осветил вопрос о построении машины большой частоты Нижегородской Радиолaborаторией. Следующий доклад о „Развитии передатчиков“ был прочитан С. М. Айзенштейном; о „Развитии приемников“ (от Когерера до Электронной лампы) рассказал затем В. М. Лебедев. Далее В. И. Баженов сделал доклад о „Применении радио в различных областях“ и наконец об „Успехах радиотелефонирования“ сообщил председатель Нижегородского отделения РОРИ, проф. М. А. Бонч-Бруевич. Собрание было закрыто около 23 часов (началось в 18 часов) после речи члена президиума ВАИ, С. И. Кричевского,

констатировавшего что „в деле радиотехники мы имеем высокое удовольствие наблюдать развитие крупных талантов среди наших граждан“, и заключительного слова председателя РОРИ, проф. М. В. Шулейкина.

В. И. Баженов.

Новые почетные члены РОРИ.

На 102 общем собрании Российского Общества Радиоинженеров 17 января с. г. были единогласно, при отсутствии воздержавшихся, избраны в почетные члены РОРИ д. ч. учр. РОРИ профессора: Лебединский и Шулейкин. Избрание было встречено продолжительными аплодисментами всего собрания, перешедшими в овацию по адресу приглашенного затем в зал заседаний РОРИ председателя общества, вновь избранного почетного члена М. В. Шулейкина. Самая баллотировка в почетные члены названных выше двух кандидатов была поставлена на основании предварительного единогласного решения совета общества, обратившегося к общему собранию РОРИ со следующим заявлением.

„Ввиду особых заслуг на поприще научной, технической и педагогической по радио деятельности действительных членов учредителей РОРИ профессоров В. К. Лебединского и М. В. Шулейкина, а также для ознаменования 100-го юбилейного собрания РОРИ, совет общества в полном своем составе обращается к общему собранию РОРИ с предложением избрать названных членов РОРИ в почетные члены Российского Общества Радиоинженеров.

Профессор В. К. Лебединский, адъюнкт электротехники, — один из первых в России ученых, уже около 25 лет непрерывно работающий в области электромагнитных колебаний. Своим научным и популярным издательством, а также научными по радио работами, печатавшимися

в заграничных специальных журналах, наконец бессменным редакторством всех научных периодических и многих неперiodических изданий по радио, появившихся в России с 1917 по 1921 г., В. К. Лебединский стяжал себе заслуженную известность среди радиоработников вообще и радиоинженеров в частности; многие из последних являются его учениками по 1 Петроградскому Политехническому Институту или Офицерской Электротехнической Школе. В. К. Лебединский был первым председателем РОРИ, каковой пост он был вынужден оставить вследствие переезда своего на постоянное жительство в Нижний-Новгород.

Заслуги профессора адъюнкта электротехники М. В. Шулейкина также общеизвестны — как в области чистой науки о радио, так и как инженера-конструктора, под руководством которого были созданы радиостанции почти всех типов, бывших на снабжении русского флота. 9 больших научных теоретических исследований, абсолютно самостоятельных и опередивших по своим выводам работы американских и западно-европейских ученых, несколько ценных практических радиоусовершенствований, целая школа инженеров и студентов, работающих ныне под руководством М. В. Шулейкина по радио, наконец 34 доклада, сделанных нашим председателем обществу и 3 года бессменного председательствования в нем — настолько большая заслуга, что избрание М. В. Шулейкина в почетные члены нашего общества явилось бы лишь данью справедливости по отношению к нашему председателю, при котором РОРИ окрепло и достаточно развилось — как то наглядно видно было из отчетов и докладов, прочитанных на 100-м юбилейном собрании общества 27 декабря 1921 года“.

Секретарь РОРИ В. Баженов.

Статья В. И. Баженова: — „Люберецкая радиостанция“, помещенная в настоящем выпуске нашего журнала, представляет собою сокращенное изложение доклада автора на 8-м Всеросс. Электрот. съезде 6 октября 1921 г.

Юбилей Ампера. — Работами Ампера, сто лет тому назад, была основана математическая наука об электромагнетизме. Он так был увлечен основным электромагнитным явлением, тогда только что открытым Эрстедом (в 1820 г.), что в несколько месяцев создал новую отрасль знания. Преобразованная и дополненная теория Ампера является и современной теорией электромагнитных явлений, а следовательно и основой современных технических расчетов по электротехнике и радиотехнике, перевернувших условия человеческой жизни.

24 ноября прошлого года в Париже, в Сорбонне состоялось торжественное чествование Ампера. Было отмечено, что история работ Ампера дает наиболее разительный

пример связи между практической деятельностью техника и безотнотительными умозрениями ученого.

Герц — единица частоты. — В „Elektrotechnische Zeitschrift“ от 29-го июля 1920 г. Вагнер предлагает в честь Генриха Герца называть числа колебаний в секунду *герцами*. Т. обр. переменный ток с 50-ью периодами в секунду есть ток в 50 герцев и т. д.

Введение в России величины „герц“ представляется весьма удобным и для великого Генриха Герца вполне заслуженным.

Нобелевская премия. — Профессор Эдуард Бранли, изобретатель когерера, удостоен Нобелевской премии по физике на 1921 г. за работы, связанные с радиотелеграфом.

П. К. Юитт †. — Известный американский ученый и изобретатель, Петер Купер Юитт, умер в Чикаго 25-го августа 1921 г. на 61-м году жизни.

Из жизни Нижегородской Радиолaborатории.

Научно-технические беседы в Ниж. РЛ. — (Продолжение со стр. 586 „Радиотехника“ № 15.)

32. 23 сентября 1921 г. В. В. Татаринов: „О незатухающих колебаниях связанных вибраторов“ с демонстрациями („Титбл“ № 11 и № 13).

М. А. Бонч-Бруевич: „О новом способе радиотелефонного модулирования“ с демонстрацией. („Титбл“ № 11).

На этом заседании было основано Нижегород. Отделение РОРИ. Председателем его был избран проф. М. А. Бонч-Бруевич, секретарем — инж. М. М. Вербицкий. В НОРОРИ вступило 26 членов-соиннователей.

Присутствует 72 лица.

33. 1 декабря 1921 г. А. Ф. Шорин: „О сравнительном расчете радиостанций с экономической точки зрения“.

Присутствует 36 лиц.

34. 17 декабря 1921 г. В. В. Татаринов: „Интеграл действия“ („Титбл“ № 12 и № 13).

В. П. Вологдин: „Современное состояние радиотехники за границей (по личным впечатлениям)*“.

Присутствует 81 лицо.

35. 17 февраля 1922 г. В. П. Вологдин: „Выпрямители переменного тока, их развитие и современное состояние“ (с демонстрациями).

Присутствует 45 лиц.

36. 9 марта 1922 г. А. Ф. Шорин: „Работа действующих аппаратов по радио“.

О. В. Лосев: „Детектор-генератор“. Обе — с демонстрациями.
Присутствует 93 лица.

В лаборатории В. П. Вологодина закончены испытания выпрямителя высокого напряжения, разработанного летом прошлого года. Выпрямитель работал при напряжении выпрямленного тока свыше 3500 вольт, развивая при этом 10 киловатт. Выпрямитель этого типа назначен главным образом для питания катодных реле постоянным током высокого напряжения, взамен коллекторных машин; но кроме того он может найти применение везде, где требуется постоянный ток высокого напряжения.

В феврале производились опыты радиотелефонирования с машиной большой частоты В. П. Вологодина. Телефонирование происходило по схеме, указанной в „Радиотехнике“ № 14 стр. 422.

Результат опыта показал, что телефонирование с более мощной машиной не представит затруднений.

1 марта пущена в ход в Радиолaborатории опытная машина большой частоты сист. В. П. Вологодина мощностью 50 киловатт. Это самая мощная из всех, до сих пор построенных в России машин большой частоты. Машина дает непосредственно 20.000 период. в сек., что отвечает волне в 15000 метров. При этой частоте ротор машины делает 4200 оборотов в секунду.

Предварительные испытания показали, что соображения, положенные при конструировании машины, были правильными, а это особенно важно тем, что мощные машины в 150 и 500 киловатт, находящиеся в постройке, проектированы на тех же основаниях, что и машина в 50 киловатт. Дальнейшие исследования опытной машины дадут новый материал для указанных выше мощных машин.

Машина в 50 киловатт была начата постройкой еще в 1917 году, однако в настоящее время она не является устарелой. Статор машины изготовлен из железа, прокатанного на Урале и обработанного в Радиолaborатории по способу автора.

В лаборатории А. Ф. Шорина. — В текущем месяце велись работы по исследованию работы переменным током низкой и высокой частоты по железным проводам. Определялось влияние изменения частоты, влияние побочия, влияние емкости линии и пр. Производилось исследование ряда шлейфов при совместной работе телеграфных аппаратов и наложенного переменного тока. Производились предварительные изыскания в области многотонного телеграфирования по проводам на большие расстояния.

Осциллографические исследования токов высокой частоты. — Работы проф. Рожанского, посвященные этому вопросу, имеют целью применить известную трубку Брауна для исследования разнообразных вопросов, возникающих при работе с токами большой частоты. Выработана конструкция трубки, позволяющая получать осциллограммы незатухающих колебаний, и разработаны методы исследования ламповых и иных генераторов. Полученные результаты представляют из себя экспериментальное основание для построения точной и детальной теории катодных генераторов. Одновременно намечены работы по анализу различных применений электрических колебаний, над которыми ведутся исследования в Радиолaborатории.

Исследование искрового разряда при помощи резонансных кривых. — Теория резонансных кривых при

искровом затухании колебаний, разработанная проф. Рожанским, дает возможность использовать известные аномалии резонансных кривых при искровом колебательном разряде для количественных исследований особенностей искры в зависимости от различных факторов. Предпринята экспериментальная проверка этой теории в применении к различным методам резонансных измерений.

Изучение различных типов антенн.—Теория воздушного провода в настоящее время представляет много открытых вопросов, затрудняющих расчет антенн и делающих ненадежными многие применяемые в практике измерения. Проф. Рожанский на ряду с теоретической разработкой этих вопросов наметил опытное изучение различных типов антенн на лабораторных моделях. Такое изучение необходимо ввиду несовершенства теоретических методов, и невозможности детального изучения явлений, происходящих в недоступных частях воздушного провода.

Теоретическое исследование: „Об излучении антенны“ будет напечатано в „ТГТбп“ № 14.

Заметка о длине волны лампового генератора.— В некоторых случаях длина волны лампового генератора обычного типа, с индуктивной связью колебательного контура и контура сетки, может уменьшаться с увеличением емкости колебательного контура. Для этого надо включить достаточно большое безиндукционное сопротивление в колебательный контур, в ветвь конденсатора.

Если обозначим это сопротивление через R , сопротивление самоиндукции (омическое) — через r , а емкость и самоиндукцию колебательного контура — через C и L , то применение ур-ий и метода Валлаури¹⁾

дает для длины волны генератора такое выражение:

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{10}}{1 + br} \sqrt{LC}.$$

$$\sqrt{1 - \frac{RC}{L} [r + R(1 + br)]}. \quad (1)$$

Пренебрегая величиною r по сравнению с R и величиною br — по сравнению с 1, можно получить приближенную формулу:

$$\lambda = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^{10} \sqrt{LC} \cdot \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{L}}. \quad (2)$$

Обе формулы показывают, что при достаточно большом R длина волны должна убывать с возрастанием C .

Опыт подтверждает такое заключение, но вместе с тем показывает, что ур-е Валлаури, заменяющее характеристическую поверхность $I_a = f(e_c, e_a)$ плоскостью, может в данном случае послужить лишь к познанию общего характера явления. Что же касается числовых результатов, то они дают значительное расхождение с опытом.

Ниже я привожу две таблицы значений λ для разных R и C . Первая таблица дает значения λ , вычисленные по формуле (2), а вторая — найденные из опыта.

Коэффициент самоиндукции генератора $L = 1,645 \cdot 10^{-3}$ генри.

ТАБЛИЦА I.

(λ вычислен.).

$C \backslash R$	210 ом.	550 ом.	1220 ом.
846 см	2320 м	2130 м	906 м
1215	2760	2440	— ¹⁾
1579	3120	2640	—
1935	3440	2760	—
2313	3740	2810	—
2646	3980	2810	—
2997	4210	2750	—
3330	4410	2630	—

¹⁾ См. „ТГТбп“ № 11 стр. 124.

¹⁾ λ мнимая.

ТАБЛИЦА II.

(λ опытн.).

$C \backslash R$	210 ом.	550 ом.	1220 ом.
846	2770 м	2680 м	2340 м
1215	3060	2865	2300
1579	3320	3040	2190
1935	3550	3110	2000
2313	3760	3150	1910
2646	3960	3200	1860
2997	4120	3250	1830
3330	4280	—	1810

В. Т.

В Радиолaborатории началась разработка применения внешнего магнитного поля к электронному процессу триода (модулятор для телефона и т. д.). Основанием послужило явление: катодная лампочка начинает гораздо сильнее генерировать или усиливать (при слабых накалах волоска) при поднесении к ней магнита в известном положении. В следующем номере будет дано подробное изложение явлений, обнаруженных при исследовании.

Детектор - генератор. — В конце прошлого года сотрудником РЛ О. В. Лосевым получено весьма интересное явление — генерация незатухающих колебаний помощью детектора. Детектор, после долгих проб, был подобран в виде металлической обманки и проводника с соответственными знаками полюсов. От колебаний низкой частоты изобретатель перешел и к высокой и при подходящем изменении схемы принимал своим детектором то между биений станции, работающие незатухающими колебаниями. Наконец, тот же детектор оказался способным давать значительное усиление.

Простота изготовления такого генератора и незначительный вольтаж, требующийся в его цепи, заставляют обратить серьезное внимание на явление, изучаемое О. В. Лосевым, особенно в условиях современной техники.

Явление это уже было наблюдаемо (с галеновым детектором) в 1910 г., о чем было указано А. М. Васильевым в „Радиотехнике“ № 13, стр. 216.

О. В. Лосев ведет свою работу в настоящее время в РЛ; описание достигнутых им результатов будет помещено в „ТГБП“ № 14.

Детекция триода. — Во время произведенных опытов с приемом на катушную лампу колебаний, даваемых индукционной катушкой, обнаружилось, что, когда прием идет по обыкновенной схеме (вторичная обмотка катушки замкнута на колебательный контур с разрядником, и сетка — нить лампы тоже замкнуты на настроенный в резонанс колебательный контур), то слышна искра разрядника. Если же цепь сетки разомкнуть, то слышна также и искра прерывателя катушки, причем обе искры друг друга заглушают; при присоединении в этом случае к сетке емкости, или при прикосновении к ней рукой, искра прерывателя слышна гораздо яснее. Если колебательный контур цепи сетки совершенно убрать, а к концам сетки и минусу волоска, а также к зажимам катушки присоединить по металлическому стержню, то при присоединении к сетке емкости или при прикосновении к ней слышна исключительно искра прерывателя. Если в этом случае связь с источником колебаний будет велика, то без присоединения емкости анодный ток равен нулю и ничего не слышно. Емкость в этом случае должна быть присоединена плохим контактом.

Было предложено такое объяснение этих явлений: когда цепь сетки разомкнута, лампа перестает детектировать и в телефон мы слышим низкие частоты, при приеме же по

обыкновенной схеме лампа детектирует, благодаря чему низкие частоты сильно ослабевают, а более высокие слышны сильнее.

Н. Т.

Прерывистый генератор. — На основании статьи „Прерывистый триодный генератор“ С. Н. Ржевкина и Б. А. Введенского (см. „ТиТбп“ № 11) мною были произведены некоторые опыты, при чем перерывы получались вполне отчетливые и вполне подтвердились основные положения авторов указанной статьи. Но при измерении емкости и сопротивления указанным там способом результаты получились неудовлетворительные, а именно: измерение сопротивления дало большую неточность, например измерение по способу прерывистой генерации дало 1,27 м Ω , а при измерении мегером оказалось 0,9 м Ω ; измерение емкости дало еще худшие результаты: прибавление некоторых емкостей (опыты велись с бумажными конденсаторами Сименса) на перерывы влияло, как убавление емкости, т. е. влияние утечки прибавляемых конденсаторов превышало влияние их емкости.

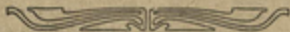
Н. Т.

Популярные лекции. — В связи с предпринятыми местным Проф-

советом циклами популярных лекций от Научно-технического клуба, сотрудниками Радиолaborатории были прочитаны: В. К. Лебединским „Электричество и его служба человечеству“ (в Доме Союзов, 450 слушателей) по поводу столетия изобретения первого (1821 г.) электродвигателя — униполярного двигателя М. Фарадея и В. В. Татариновым „Переменный ток“ (в аудитории РЛ); обе лекции были иллюстрированы демонстрациями явлений, особенно богато — вторая, в иллюстрации которой соединились искусство экспериментатора с исключительными средствами Радиолaborатории в генерации переменных токов всех видов.

Новое издание. — Нижегородской Радиолaborаторией издана популярная брошюра В. К. Лебединского: „Электричество и его служба человечеству“ (51 стр. текста с 66 чертежами), вышедшая первым изданием в Москве в 1918 г. между брошюрами серии „Наука и жизнь“ кн-ва „Практические знания“.

Цена 30 к. Высылается по получении стоимости + 10 к. за пересылку независимо от числа экземпляров, что по современной мартовской расценке довоенного рубля составляет 80000 руб.



ПОПРАВКИ и ОПЕЧАТКИ.

В статье С. Я. Турлыгина „Расчет радиотелеграфных мачт“, помещенной в № 13 „ТиТбп“, вклялись опечатки:

Стран.	Строчки.	Напечатано.	След. читать.
271	6 св.	горизонтальными	портативными
274	15 св.	T_x	T_x
277	10 св.	$\tau = \frac{p}{l}$	$\tau = \frac{q_2}{l}$
.	9 .	$= 0,008 \text{ кгр мт/мм}^2$	$= 0,008 \frac{\text{кгр}}{\text{мт} - \text{мм}^2}$
.	9 .	$F =$	$F =$
285	9 .	$= c \tan \alpha +$	$\cot \alpha +$
287	3 св.	$a_x = \sqrt{AB^2 + CB^{1/2}}$	$a_x = AB^{11} = \sqrt{AB^2 + CB^{1/2}}$
291	15 св.	$S -$	$S_0 -$
292	5 св.	$O m$	от
.	14 св.	$= (f_1 + f_2) \frac{1}{1 + \alpha}$	$= (f_1 + f_2) \frac{1}{1 - \alpha}$

В статье И. Г. Фреймана „Об измерении динамической емкости радиосети“ („ТиТбп“ № 11), на стр. 24 черт. 2 неверен. Он будет верен, если все значения m умножить на 1,9, т. е. написать вместо $m = 0,2$ — $m = 0,38$; вместо $m = 0,4$ — $m = 0,76$ и т. д.

В статьях инж. В. Розена в „Рад.“ № 15 должны быть внесены след. исправления: на черт. 2 (стр. 563) точки H и K должны совпасть, и станция X обозначается внутри угла NKM (с вершиною, перенесенною в H); на черт. 7 (стр. 564) противостояние зубьев должно быть не только при „1“, но и при „2“; на черт. 6а в положениях $П$ и IV должны быть изображены по два ряда зубьев.

Кроме того на стр. 565 (3 стр. св.) должно быть: „ $\frac{1}{6}$ деления меньшей окружности“; на стр. 566 (12 стр. св.) вместо слов: „н число аналогичных“ должно быть: „и аналогичных число“.

Корректуру держал С. М. Горпенко.

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

Р. Ц. 814.

Издание Нижегородской Радиолaborатории.

Тираж 1000 экз.

Печатание „ТиТбп“ № 13 закончено 20 марта 1922 года.

Адрес редакции: Н.-Новгород, Верхняя Набережная, 8.

Редактор: В. ЛЕБЕДИНСКИЙ.

352