

ЖУРНАЛЪ

РУССКАГО

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА

при Императорскомъ С.-Петербургскомъ Университетѣ.

Томъ XXXIX.

ФИЗИЧЕСКІЙ ОТДѢЛЪ

изданъ подъ редакціею

В. К. ЛЕБЕДИНСКАГО.

Корректуру держалъ Д. А. Романсній.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія В. О. Киршбаума, д. М-ва Финанс., на Дворц. площ.

1907.

РАДИОТЕЛЕГРАФНАЯ СЪТЪ И ЕЯ ЭЛЕМЕНТЫ.

(Изъ опытовъ 1906 года).

П. Н. Рыбкина.

Введеніе.

Въ концѣ Апрѣля мѣсяца 1897 года покойному А. С. Попову впервые удалось примѣнить давно задуманную идею передачи электромагнитной энергии на разстояніе.

Этотъ историческій опытъ былъ произведенъ на Кронштадтскомъ рейдѣ, на одной изъ дамбъ котораго былъ установленъ вибраторъ Герца. На стоящемъ недалеко броненосцѣ былъ поднятъ пріемный проводъ и изобрѣтенный А. С. приборъ впервые улавливалъ электромагнитные импульсы на борту военного судна.

Прошло 10 лѣтъ, и скромные приборы покойнаго превратились въ мощныя радіотелеграфныя станціи, играющія такую большую роль въ жизни cadaго флота. Ввиду этого теперь уместно будетъ напомнить про одинъ вопросъ, особенно интересовавшій покойнаго, и надъ которымъ пришлось не мало поработать. Какъ извѣстно, 10 лѣтъ тому назадъ впервые были организованы правильные опыты, и отчетъ объ этихъ первыхъ попыткахъ подчинить себѣ трудно уловимыя электромагнитныя волны заканчивается словами: «выработка наилучшей формы вибратора составляетъ ближайшую задачу дальнѣйшихъ опытовъ».

Вскорѣ было выяснено, что къ вибратору необходимо присоединить вертикальный отправительный проводъ, и что въ этомъ послѣднемъ случаѣ форма присоединеннаго къ проводу вибратора не играетъ никакой роли.

Такимъ образомъ отправительный вибраторъ превратился, какъ теперь называютъ, въ «радіотелеграфную сѣтъ».

Прошли еще восемь лѣтнихъ испытаній, и тотъ же безконечный вопросъ о лучшей формѣ радіотелеграфной сѣти занимаетъ большую часть отчета послѣднихъ опытовъ.

Если мы посѣтимъ современную радіотелеграфную станцію, то среди дорогихъ и сложныхъ ея приборовъ едва-ли обратимъ должное вниманіе на незамѣтную проволоку, идущую изъ рубки

вверхъ къ мачтѣ. Между тѣмъ только если эта радіотелеграфная сѣть поднята правильно, то сложная обстановка станціи намъ дастъ все, что отъ нея можно ожидать.

Покойный А. С. первый понялъ значеніе радіотелеграфной сѣти и зналъ, что только измѣрительные приборы могутъ раскрыть намъ всѣ ея свойства. Въ послѣдній годъ своей дѣятельности А. С. далъ намъ остроумную идею дифференціального мостика, назначеннаго для измѣренія малыхъ емкостей радіотелеграфныхъ сѣтей.

Этотъ приборъ ¹⁾ удалось окончательно конструировать въ прошломъ году, и данныя, полученныя при помощи его, положены нами въ основу для изученія радіотелеграфной сѣти и ея элементовъ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Радіотелеграфная сѣть въ вліяніи соседнихъ металлическихъ предметовъ.

Телеграфная сѣть выполняетъ самую главную функцію при обмѣнѣ энергіями между двумя станціями. Сѣть посылаетъ энергію въ пространство и собираетъ энергію, посланную другою станціей. Только изучивъ элементы сѣти, мы можемъ отвѣтить на вопросъ, какая сѣть совершеннѣе выполняетъ свое назначеніе.

Конструированный нами, по идеѣ покойнаго А. С. Попова, мостикъ для измѣренія малыхъ емкостей далъ возможность выяснитъ зависимость емкости сѣти отъ ея длины и формы. Затѣмъ, зная зависимость между этими элементами сѣти, мы могли перейти и къ другимъ ея элементамъ.

Если обозначимъ черезъ C —средн. синусоид. емкость сѣти, L —ея среднюю самоиндукцію, а черезъ v скорость распространенія колебаній вдоль сѣти, то, какъ извѣстно,

$$\text{четверть длины сѣти} = \frac{v}{V} \cdot \sqrt{CL}, \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ C выражается въ эл.-ст., а L въ эл.-магн. системахъ и V означаетъ скорость распространенія свѣта. Скорость распространенія колебаній вдоль сѣти всегда меньше скорости распространенія свѣта, и потому отношеніе $\frac{v}{V}$ всегда меньше единицы.

¹⁾ Описаніе его будетъ помѣщено въ одномъ изъ ближайшихъ выпусковъ нашего журнала.

Опредѣлить это отношеніе легко, если воспользоваться для измѣренія длины волны сѣти волномѣромъ, представляющимъ изъ себя замкнутый контуръ съ переменною емкостью.

Представимъ себѣ, что скорость распространенія колебаній вдоль сѣти равнялась бы скорости свѣта; тогда ея новая длина l' была бы такова, что

$$\frac{l'}{l} = \frac{v}{V}.$$

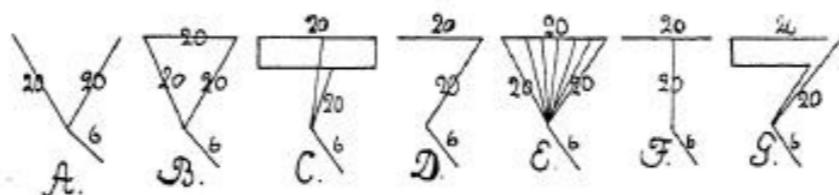
Для цѣпи волномѣра скорость распространенія колебаній равна скорости свѣта, и потому отсчетъ по волномѣру

$$\lambda = 4l',$$

а отсюда имѣемъ, что

$$\frac{4l}{\lambda} = \frac{v}{V}.$$

Итакъ, во сколько разъ отсчетъ по волномѣру больше учетверенной длины сѣти, во столько разъ и скорость распространенія



Черт. 1.

свѣта будетъ больше неизвѣстной скорости распространенія колебаній вдоль нашей сѣти.

Чѣмъ меньше эта скорость отличается отъ скорости распространенія свѣта, тѣмъ ближе наша сѣть приближается къ идеальному случаю, когда отношеніе

$$\frac{v}{V} = 1,$$

и когда зависимость (1) приметъ видъ

$$\frac{\lambda}{4} = \sqrt{C L}.$$

Всѣ приводимыя ниже цифры получены на береговой испытательной станціи, гдѣ подымаемыя сѣти находились внѣ вліянія сосѣднихъ металлическихъ предметовъ. Каждую сѣть мы собирали такъ, что отдѣльныя вѣтви ея всегда были равны другъ другу, и имѣли размѣры въ 20, 30 и 40 метровъ.

Проволока для сѣтей бралась голая мѣдная, діаметромъ въ 1 мм. Различныя формы сѣтей изображены на черт. 1.

Элементы сѣтей различной формы.

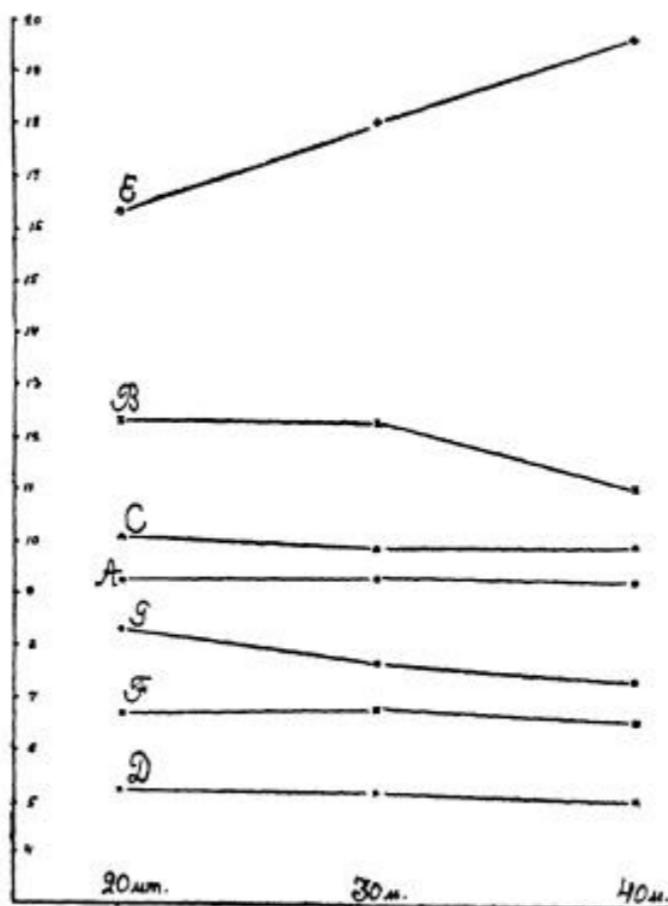
Форма сѣти.	Размеры вѣтвей сѣти 20 мт.				Размеры вѣтвей сѣти 30 мт.				Размеры вѣтвей сѣти 40 мт.									
	Данные измереній.		Данные вычисленія.		Данные измереній.		Данные вычисленія.		Данные измереній.		Данные вычисленія.							
	Емкость сѣти въ см.	Длина волны въ мт.	Емкость одного мт. сѣти въ см.	Отно-шеніе $\frac{41}{\lambda}$	Самондукція сѣти въ см.	Самондукція од-ного мт. сѣти въ см.	Емкость сѣти въ см.	Длина волны въ мт.	Емкость одного мт. сѣти въ см.	Отно-шеніе $\frac{41}{\lambda}$	Самондукція сѣти въ см.	Самондукція од-ного мт. сѣти въ см.						
A	240	140	9,2	0,74	51.000	1.960	330	200	9,2	0,72	75.700	2.100	420	260	9,1	0,71	100.600	2.180
B	320	195	12,2	0,52	74.300	2.860	440	290	12,2	0,50	119.500	3.300	500	315	10,9	0,58	124.000	2.690
C	380	200	10,6	0,72	65.800	1.830	500	310	9,8	0,66	120.100	2.360	600*	370*	9,8*	0,66*	142.600*	2.340*
D	250	205	5,2	0,89	109.400	2.380	340	300	5,2	0,88	165.400	2.500	420	390	4,9	0,88	226.300	2.608
E	425	205	16,2	0,51	61.800	2.380	650	320	18,1	0,45	98.462	2.735	900	365	19,6	0,50	92.500	2.011
F	240	195	6,7	0,74	9.900	2.750	335	260	6,7	0,77	126.100	2.520	420	320	6,4	0,82	152.300	2.308
G	390	220	8,3	0,84	79.605	1.730	500	340	7,6	0,78	144.500	2.189	635	408	7,2	0,86	163.800	1.861

*) Вертикальная вѣтвь 35 метровъ вмѣсто 40.

Первый элемент—емкость сѣти.

Полученные результаты измѣреній указаны въ таблицѣ на стр. 106; они приводятъ насъ къ слѣдующему заключенію:

I. Емкость сѣти зависитъ только отъ длины проволоки, но не зависитъ отъ ея формы, если только отдѣльныя вѣтви сѣти достаточно удалены и не вліяютъ другъ на друга.

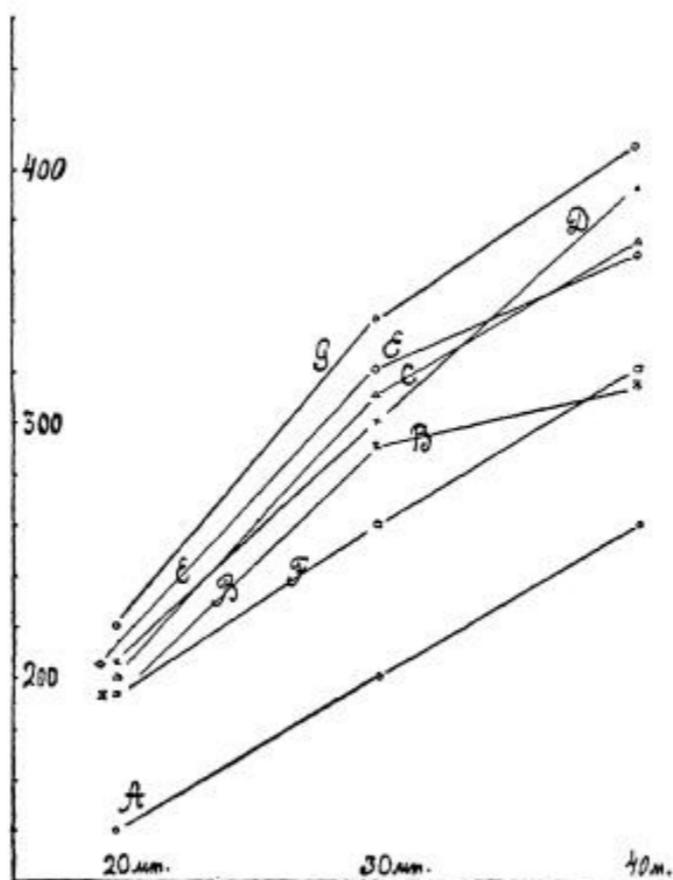


Черт. 2.

По оси ординатъ—емкость въ см. на ед. длины, по оси абсциссъ—размѣры вѣтвей сѣти. Формы сѣти обозначены соотв. буквами (см. черт. 1).

Дѣйствительно цифры, приводимыя въ таблицѣ, показываютъ, что какую бы форму сѣти мы ни дѣлали изъ провода длиною въ 86 мт., ея емкость будетъ равна 420 см. Сѣти формы С и G даютъ примѣръ, когда обѣ проволоки одинаково вліяютъ другъ на друга. И въ этомъ случаѣ, какъ показываютъ цифры, емкость сѣти при одинаковой длинѣ провода не зависитъ отъ ея формы.

Для дальнѣйшаго намъ будетъ важно знать емкость, приходящуюся на единицу длины сѣти. Эти цифры приведены въ общей таблицѣ и нанесены на черт. 2. Подъ длиною сѣти мы должны считать ту длину, вдоль которой устанавливается стоячая волна сѣти. Такъ для сѣти формы F длина сѣти состоитъ изъ всей вертикальной и изъ половины горизонтальной вѣтви. За длину сѣти формы B мы считаемъ длину ея боковой стороны.



Черт. 3.

Длины волнъ въ мм. отложены на оси ординатъ.

Приведенныя въ таблицѣ цифры показываютъ, что

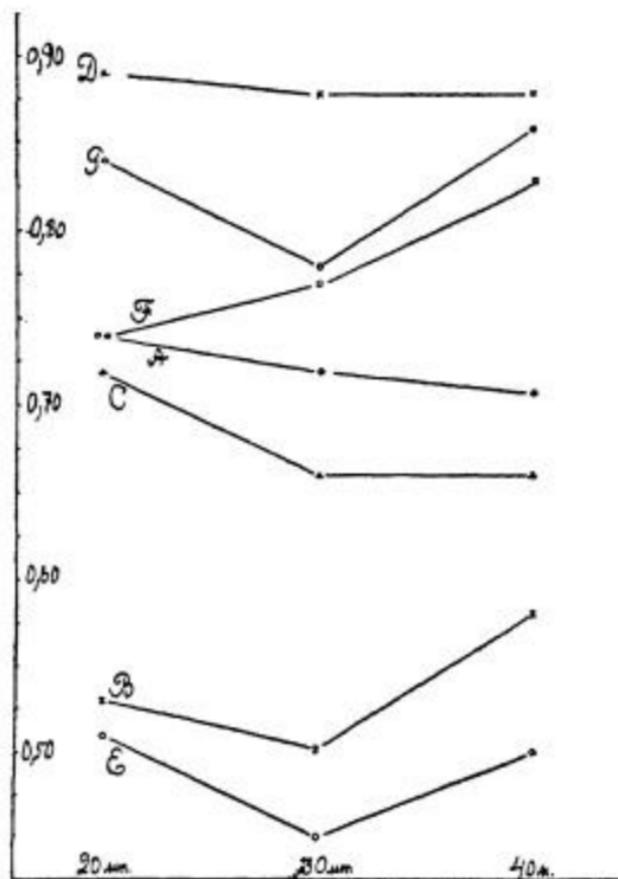
II. емкость единицы длины сѣти зависитъ отъ ея формы. Для нѣкоторыхъ сѣтей эта величина зависитъ и отъ ея длины.

Сравнивая емкости двойной и ординарной формы сѣтей, мы приходимъ къ заключенію, что

III. присоединеніе второго паралельнаго провода вдоль сѣти на разстояніи 2-хъ мт. увеличиваетъ ея емкость въ 1,4—1,5 разъ.

Второй элементъ сѣти—длина волны.

Въ общей таблицѣ приведены результаты измѣреній волномѣромъ длинъ волнъ, изслѣдуемыхъ нами сѣтей, а на черт. 3 эти данныя нанесены на графикъ.



Черт. 4.

Третий элементъ сѣти—скорость распространенія колебаній вдоль сѣти.

Какъ было указано выше, этотъ элементъ сѣти опредѣляется отношеніемъ $\frac{4l}{\lambda}$, гдѣ λ —отсчетъ по волномѣру, а l —длина сѣти.

Полученныя цифры указаны въ таблицѣ и на черт. 4 нанесены на графикъ. Изъ приводимыхъ данныхъ мы видимъ, что различ-

ныя сѣти различно относятся къ этому элементу. Такъ для сѣтей формы D отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ очень мало мѣняется при измѣненіи размѣровъ сѣти, для сѣтей формы A и F эти измѣненія близки къ пропорціональности.

Всѣ остальные сѣти даютъ одну рѣзкую особенность. Когда каждая изъ вѣтвей этихъ сѣтей равна 30-ти мт., отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ рѣзко падаетъ и снова подымается, когда мы переходимъ къ слѣдующимъ измѣреніямъ.

Все сказанное можно формулировать такъ:

IV. Для сѣтей формы D, F и A при измѣненіи ихъ размѣровъ измѣненія отношенія $\frac{4l}{\lambda}$ близки къ пропорціональности.

Четвертый элементъ—самоиндукція сѣти.

Воспользуемся теперь приведенными выше данными и вычислимъ послѣдній элементъ сѣти.

Изъ соотношенія (2) мы видимъ, что отсчетъ по волномѣру

$$\frac{\lambda}{4} = l \frac{v}{v};$$

откуда, зная выраженіе (1) для длины волны сѣти, мы можемъ перейти къ окончательному соотношенію, удобному для вычисленія самоиндукціи сѣти:

$$\frac{\lambda}{4} = \sqrt{CL}.$$

Результаты вычисленій приведены въ таблицѣ. Они показываютъ, что при формахъ сѣти D, F и A самоиндукція равномерно возрастаетъ вмѣстѣ съ размѣрами вѣтвей. Форма этихъ сѣтей такова, что отдѣльныя вѣтви ихъ не могутъ вліять другъ на друга.

Итакъ нами получены слѣдующіе результаты:

V. Остальные испытанныя нами сѣти имѣютъ для отношенія $\frac{4l}{\lambda}$ рѣзкій минимумъ, когда размѣры вѣтвей равны 30 метрамъ.

Если теперь сравнимъ графики, приведенные на черт. 2 и 4, то легко можно будетъ прослѣдить слѣдующую зависимость между

наслѣдуемымъ отношеніемъ и между емкостью единицы длины сѣти:

VI. Отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ рѣзко мѣняется вмѣстѣ съ формою сѣти, причемъ это отношеніе тѣмъ меньше, чѣмъ больше емкость единицы длины сѣти.

Дѣйствительно, если на томъ и другомъ чертежѣ прослѣдить за линіями, относящимся къ одной и той же формѣ сѣти, то окажется, что на одномъ чертежѣ онѣ идутъ сверху внизъ, на другомъ снизу вверхъ. Изъ этого порядка выдѣляется только одна сѣть формы F.

VII. Самоиндукція сѣти зависитъ отъ ея формы.

Наименьшею самоиндукціей обладаетъ сѣть формы A, наибольшею—сѣть формы D.

VIII. Самоиндукція сѣти возрастаетъ пропорціонально ея размѣрамъ для тѣхъ сѣтей, отдѣльныя вѣтви которыхъ не вліяютъ другъ на друга.

Подсчитаемъ теперь, какъ это мы сдѣлали и для емкости, самоиндукцію единицы длины сѣти. Полученныя величины приведены въ таблицѣ.

Мы видимъ, что наименьшую самоиндукцію единицы длины (1730 см.) имѣетъ сѣть формы G, когда ея вѣтви равны 20-ти метрамъ, а наибольшую (3320 см.) имѣетъ сѣть B, когда ея вѣтви равны 30 метрамъ.

Если мы обѣ части выраженія (1) раздѣлимъ на длину сѣти, то получимъ

$$l = \frac{v}{V} \sqrt{\frac{C_0 L_0}{l^2}},$$

откуда

$$\left(\frac{V}{v}\right)^2 = C_0 L_0.$$

Здѣсь C_0 и L_0 обозначаютъ емкость и самоиндукцію единицы длины сѣти, причемъ этою единицею берется см.

Подставляя въ вышенаписанную зависимость соответствующіе элементы сѣти, мы можемъ провѣрить ее для каждаго нами разобраннаго случая.

Заключеніе.

Сопоставляя полученные нами результаты, мы приходимъ къ заключенію, что измѣненія элементовъ сѣтей правильны только для сѣтей простѣйшихъ формъ.

Дѣйствительно, на приведенныхъ нами чертежахъ прямыя линіи получены для однѣхъ и тѣхъ же сѣтей простой формы. Если бы мы захотѣли дальше прослѣдить за обнаруженными неправильностями въ измѣненіяхъ элементовъ остальныхъ сѣтей, то намъ пришлось бы изучать вліяніе ихъ отдѣльныхъ вѣтвей другъ на друга.

Приведенныя нами данныя, однако, не даютъ намъ отвѣта на поставленный вначалѣ вопросъ: какая сѣть лучше выполняетъ свою функцію при обмѣнѣ энергіями между двумя станціями.

Отвѣтить на это мы можемъ только послѣ изученія нашихъ дѣйствующихъ сѣтей.

Глава вторая.

Радиотелеграфныя сѣти, находящіяся подъ вліяніемъ сосѣднихъ металлическихъ предметовъ.

Сѣти четырехъ опытныхъ радиотелеграфныхъ станцій имѣли форму G и находились подъ большимъ вліяніемъ сосѣднихъ металлическихъ предметовъ. Это вліяніе постороннихъ окружающихъ предметовъ ясно выразилось въ цифрахъ, приведенныхъ въ послѣднемъ столбцѣ прилагаемой таблицы.

На станціи № III, гдѣ вліяніе постороннихъ предметовъ наибольшее, наибольшій логарифмическій декрементъ обнаруживаетъ очень быстрое затуханіе колебаній. На станціи № I, гдѣ постороннее вліяніе доведено до минимума, сѣть даетъ колебанія, менѣе всего затухающія. Итакъ:

IX. Затуханіе колебаній въ радиотелеграфныхъ сѣтяхъ прежде всего обнаруживаетъ намъ постороннее вліяніе сосѣднихъ металлическихъ предметовъ.

Элементы дѣйствующихъ радиотелеграфныхъ сѣтей.

№ станцій.	Длина сѣти въ метрахъ	Емкость сѣти въ см.	Длина волны сѣти въ метрахъ.	Отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$	Логарифм. декрементъ затуханія.
I	82	850	380	0,87	0,8
II	70	930	358	0,78	0,4
III	71	850	380	0,75	0,8
IV	60	590	290	0,85	0,6

Опыты, произведенные на судахъ французскаго флота лейтенантомъ Тиссо ¹⁾ обнаружили очень важную зависимость между затуханіемъ колебаній и отношеніемъ $\frac{4l}{\lambda}$, характеризующимъ скорость распространенія колебаній вдоль сѣти. Эти опыты доказали, что чѣмъ ближе отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ къ единицѣ, тѣмъ меньше затуханіе колебаній.

Изъ четырехъ приводимыхъ нами примѣровъ три подтвердили это положеніе. Неподходящій результатъ дала сѣть съ наименьшею длиною волны.

Связь между отношеніемъ $\frac{4l}{\lambda}$ и чистотою колебаній очевидна изъ соотношенія между элементами сѣти, которое можетъ быть выражено такъ:

$$\frac{4l}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{C_0 L_0}}$$

Когда отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ дѣлается равнымъ единицѣ, C_0 и L_0 дѣлаются величинами обратными другъ другу. Если это условіе выполнено, то, какъ извѣстно, колеблющаяся система способна поддерживать свои собственныя колебанія, т. е. способна издавать чистый тонъ.

¹⁾ Tissot, Journ. de Phys. 5, p. 326. 1906.

И такъ вышеуказанное соотношеніе еще разъ намъ подтверждаетъ, что

X. чѣмъ ближе отношеніе $\frac{4l}{\lambda}$ стремится къ единицѣ, т. е. чѣмъ ближе скорость распространенія колебаній вдоль нашей сѣти совпадаетъ со скоростью распространенія свѣта, тѣмъ правильнѣе становятся колебанія въ самой сѣти.

Результаты опытныхъ рейсовъ всегда обнаруживали преимущество установки № I. Точность настройки при приѣмѣ на резонаторъ и на трансформаторъ, постоянство дѣйствія и меньшее постороннее вліяніе заставило считать установку № I самой удачной.

Перечисленные достоинства нужно приписать исключительно удачной радіотелеграфной сѣти.

XI. И такъ ежегодные опыты подтверждаютъ, что идеальной радіотелеграфною сѣтью нужно считать ту, для которой отношеніе $\frac{4l}{\lambda} = 1$, и слѣдовательно для которой емкость единицы длины и самоиндукція единицы длины представляютъ изъ себя величины обратныя другъ другу. Такая сѣть способна поддерживать свои собственные колебанія и издаетъ очень чистый тонъ.

2 Февраля 1907 г.

Кронштадтъ.

Минный классъ.

Le réseau radiotélégraphique et ses éléments.

Par M. P. Rybkin.

L'auteur a mesuré la capacité (C) des réseaux radiotélégraphiques des diverses formes (A—G, fig. 1, page 105) au moyen d'un pont de Wheatstone différentiel construit d'après les idées du feu A. S. Popov. En partant de ces quantités et des longueurs d'onde (λ) il a calculé: C_0 —capacité par mt., relation $\frac{4l}{\lambda}$, selfinduction du réseau et la selfinduction par mt. (L_0). Les résultats obtenus sont insérés dans le tableau (p. 106) pour les dimensions (l) des réseaux de 20 mt., 30 mt., 40 mt. dans l'ordre qui suit: C, λ , C_0 , $\frac{4l}{\lambda}$, L, L_0 .

Les expériences faites par l'auteur avec les réseaux installés sur les navires de guerre démontrent conformément aux résultats de M. Tissot, que le réseau, caractérisé par les plus pures vibrations et le moindre décrement logarithmique, est celui dont la relation $\frac{4l}{\lambda}$ s'approche d'unité.
