



№ 12. ЯНВАРЬ 1922.

Печатается при Нижегородской Радиолaborатории.

СОДЕРЖАНИЕ.

Аналитическое исследование потерь в системе: антенна — противосвес — грунтовые воды. <i>М. В. Шулейкина и В. И. Баженова</i>	140
Анализ работы незатухающего радиоотправителя с умножителем частоты. <i>А. Петровского</i>	147
Расчет коэфф. самоиндукции соленоидов и спиралей. <i>Д. А. Виккера</i>	157
Расчет некоторых случаев коэфф. взаимной индукции. <i>Д. А. Виккера</i>	175
Телефонирование по проводам высокого напряжения. <i>Н. Н. Луценко</i>	179
Определение сопротивл. при токе большой частоты. <i>Н. Н. Луценко</i>	185
Генерат.-трансф. токов высокой частоты (оконч.) <i>Н. М. Обухова</i>	189
Степень точности радиокомп. измер. <i>Б. Ильина и П. Кузьмичева</i>	201
Интеграл действия для незатухающих колебаний связанных вибраторов. <i>В. В. Татаринова</i>	204
О новом способе соединения электродв. постоянного тока для получения абсолютно синхронного вращения этих двигателей. <i>К. И. Шенфера</i>	207
По поводу „генератора-трансформатора“ <i>Н. М. Обухова. М. В.</i>	222
Метод исследования твердых диэлектриков. <i>А. Гольдмана</i>	230
Библиография, Из иностранной литературы, Хроника	231

Аналитическое исследование потерь в системе: антенна — противвес — грунтовые воды.

М. В. Шулейкина и В. И. Баженова д. ч. РОРИ.

(Дополнено на заседании РОРИ 11 октября 1921 г.).

Настоящее исследование с одной стороны представляет попытку выяснения факторов, обуславливающих известное линейное возрастание сопротивления антенны после прохождения через минимум¹⁾, а с другой имеет целью получение точной и приближенной формул, необходимых практикам—инженерам для расчета потерь в земле.

I.

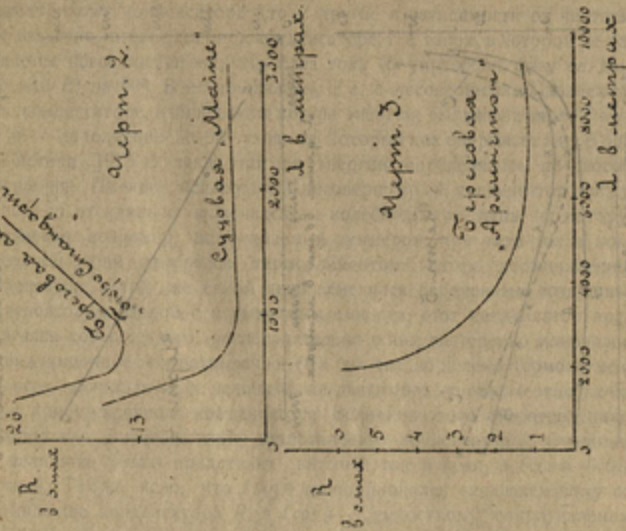
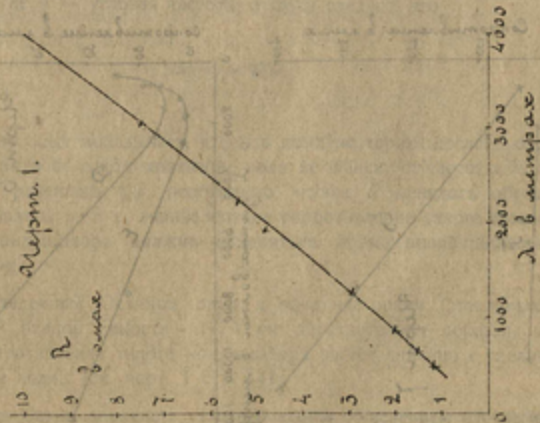
Линейную зависимость сопротивления сети от длины волны впервые на практике получил К. Фишер (Phys. Zeitschr., 12, p. 295, 1911). При этом он полагал, что найденные им опытно кривые представляют собою кривые „сопротивления излучения“ антенны. Остин, в одном из следующих номеров того же журнала за 1911 г., указал, что кривые, полученные Фишером, характеризуют собою не сопротивление излучения, а полное сопротивление антенны, т. е. сумму сопротивления излучения и потерь (см. „Радиот.“ № 14 стр. 416 § 10).

Возникшая затруднительность физического и аналитического объяснения этого линейного повышения сопротивления антенны обратила на себя внимание нескольких ученых, пытавшихся экспериментальным путем определить природу наблюдаемого явления. Так, и Остин в 1911 г. (Journ. of Washington Acad., 1, p. 9, 1911) получил на опыте такое же линейное возрастание сопротивления.

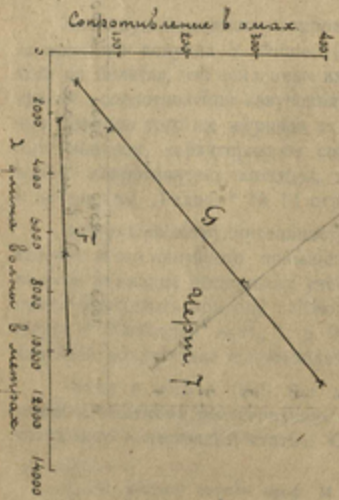
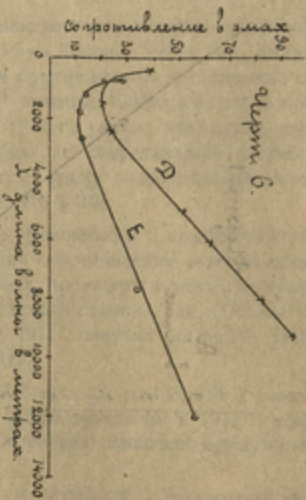
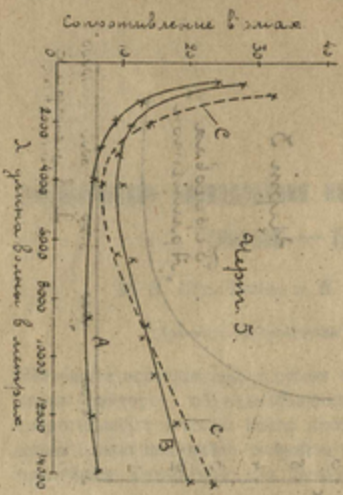
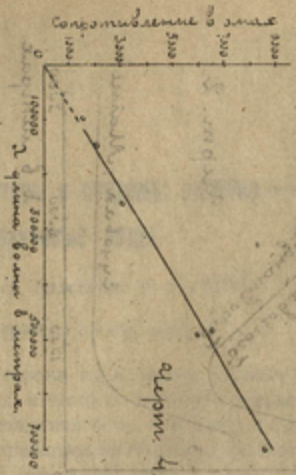
Остин в 1915 г. (Bull. Bur. of Stand., 12, p. 465, 1915) вновь вернулся к опытному исследованию наблюдаемого им в 1911 г. эффекта, изучаемого в настоящей статье. Он провел аналогию между линейным

¹⁾ См. наприм. статью проф. М. В. Шулейкина: „Сопротивление антенн“ в „Радиотехнике“ № 14.

М.В. Музыкин и Б.И. Басинков.



дл. 25. Угличинский и др. 21. Газово-б.



возрастанием сопротивления антенны (при больших длинах волн) и функциональным изменением потерь в поглощающем (с несовершенным диэлектриком) конденсаторе (то и другое в зависимости от частоты). Как известно, в совершенном конденсаторе, т. е. таком, в котором не наблюдается вовсе потери энергии, фаза тока (I) опережает фазу эл.-дв. с. (эдс или E) на 90° . В поглощающем, т. е. с несовершенным диэлектриком, конденсаторе, наблюдается потеря энергии, выражающаяся $IE \sin \theta$, где θ — дополнение до 90° угла, на который ток опережает эдс. В опытах Остина 1915 г. такая потеря энергии определялась по способу замещения. Именно, испытуемый несовершенный конденсатор (опыты велись со стеклянным) включался в колебательную цепь, на которую действовал волномер, возбуждаемый зуммером; при этом ток в колебательной цепи измерялся термоэлементом. Затем несовершенный конденсатор в той же самой цепи заменялся переменным воздушным конденсатором равной с испытуемым емкости; этот конденсатор предполагался совершенным; последовательно с ним постепенно включалось безиндукционное сопротивление (R) до тех пор, пока термоэлемент, при всех прочих равных условиях, не давал того же самого отклонения, что и при стеклянном конденсаторе. Величина этого сопротивления и представляла „эквивалентное сопротивление конденсатора“. Очевидно, что величина $I \sin \theta$ представит ваттный ток в цепи, а $I \cos \theta$ — безваттный. Также же ясно, что $I \sin \theta$ пропорционален эквивалентному сопротивлению конденсатора R , а $I \cos \theta$ — „емкостному“ сопротивлению, т. е. $1/\omega c$, где ω — угловая частота; отсюда следует, что

$$\tan \theta = R \omega c. \quad (1)$$

Так как опыт показывает, что θ в конденсаторах с поглощающим диэлектриком в большом диапазоне волн не зависит от частоты, то для сохранения равенства (1) необходимо, чтобы R менялось обратно пропорционально ω , т. е. эквивалентное сопротивление такого несовершенного конденсатора должно изменяться прямо пропорционально длине волны.

Произведенный Остином опыт с конденсаторами (стеклянным и воздушным) равной емкости — 1770 см действительно показал, что ваттное сопротивление такого конденсатора растет линейно с увеличением длины волны (см. черт. 1 стр. 141).

Отсюда Остин заключил, что вероятным объяснением изучаемого явления может служить диэлектрический гистерезис.

Снятые эмпирически Остином кривые сопротивления трех антенн представлены на черт. 2 и 3. Факт менее сильного возрастания сопротивления у судовых станций, по сравнению с тем же у сухопутных,

привел его к дальнейшему предположению, что поглощение вероятно происходит потому, что почва является несовершенным диэлектриком. Очень пологая кривая, снятая на радиостанции Арлингтон (черт. 3), имеющей очень хорошее заземление и заземленные мачты, подтвердила его мысль, и Остин окончательно пришел к выводу, что удовлетворительное физическое объяснение явления получается в том случае, если мы будем рассматривать почву не как проводник, а как диэлектрик, притом составляющий лишь часть всего диэлектрика конденсатора, образуемого верхними проводами антенны и грунтовыми водами, и относить потери в антенне за счет поглощения энергии почвою, как несовершенным диэлектриком.

Джон Миллер в 1916 г. (*Jahrbuch*, B. 11, H. 5) специально занялся опытным изучением действия несовершенных диэлектриков в поле антенны. Измерения, произведенные им, подтвердили гипотезу Остина о диэлектрическом поглощении, но выяснили в то же время, что поглощающим диэлектриком является не почва, а тот несовершенный диэлектрик, который находится в поле антенны, как например деревянные мачты, деревья, строения, изоляторы с дурными диэлектрическими характеристиками и т. д.; в частности им было отмечено такое же увеличивающее потери влияние вводов от антенны, если они проведены в здание станции.

Мысль о существовании диэлектрического поглощения в окружающих антенну несовершенных диэлектриках появилась у Миллера после одного опыта с измерением сопротивления небольшой плоской антенны, протянутой между зданием и деревом, имевшей емкость 585 см. При токах телефонной частоты, с увеличением длины волны от 100.000 до 750.000 мт, эквивалентное сопротивление возрастало линейно от 1000 до 9000 ом (черт. 4 стр. 142). Между тем тщательные опытные измерения Труэ и Рейха (*Jahrbuch*, 5, pp. 176, 273, 1911 г.) показали, что при волнах порядка 1000 мт ток проводимости в почве в сотни раз превосходит ток смещения. Следовательно, при волнах порядка сотен и тысяч метров, коими пользовался Остин в своих измерениях, ток проводимости в почве должен быть настолько велик по сравнению с током смещения, что представление о почве, как о диэлектрике, следует совершенно исключить из гипотезы. Миллер так и сделал, предположив, что возрастание сопротивления антенны с длиной волны объясняется диэлектрическим поглощением — но не в почве, а в окружающих антенну плоских диэлектриках, так как поставленные им (неопубликованные) опыты с воздушными (теоретически непоглощающими) конденсаторами выяснили сильную зависимость между «эквивалентным сопротивлением» их и присутствием вблизи них веществ с дурными диэлектрическими характеристиками.

Для дальнейшего подтверждения выдвинутой им гипотезы, Миллер построил опытную антенну, в которой токи смещения в деревянных

столбах или тому подобных дурных диэлектриках были уменьшены, а та часть общего диэлектрика: антенна—грунтовые воды, которая приходится на почву, была увеличена; антенна состояла из 6 параллельных проводов на расстоянии 0,3 мт от земли, и притом в значительном удалении от каких либо зданий, построек и т. д.; от поддерживавших колья антенна была изолирована помощью двойных фарфоровых изоляторов, на расстоянии 1 мт один от другого. Кривая сопротивления такой антенны (черт. 5, *A*) почти не дает под'ема (повышение в конце Миллером объясняется, как результат ввода в здание подводящего провода—измерения производились в самом окне). Эта кривая получила подтверждение и при телефонной частоте. На том же черт. кривая *B* указывает влияние введения в поле антенны малого несовершенного конденсатора (на трех подвесках провода были сняты с фарфоровых изоляторов и укреплены непосредственно на кольях); при этом емкость повысилась лишь на 5%, а кривая сопротивления сильно изменилась и приняла (см. черт. 5) обычный *U*—образный вид.

Наблюденное Остином у судовых антенн меньшее повышение сопротивления, чем у береговых станций, Миллер объясняет тем обстоятельством, что все измерения Остин проделал на военных судах, при стальных мачтах; следовательно дурных диэлектриков в поле антенны у таких станций меньше, чем у береговых с (обычно) деревянными мачтами.

Влияние протяженности внутри здания вводов иллюстрируется кривой *C* (черт. 5); последняя снята при тех же условиях, что и кривая *A*, за исключением того, что измерения кривой *C* производились также внутри здания, но на расстоянии 3 метров от окна.

Кривые *D* и *E* (черт. 6) относятся к случаю двух антенн, расположенных полностью внутри здания¹⁾; из них первая имела емкость 260 см, а вторая — вдвое большую. Интересно отметить, что эквивалентное сопротивление антенны с меньшей емкостью оказалось вдвое большим сопротивления при той же длине волны антенны с большой емкостью. Таким образом подтвердилось условие (1), выведенное для случая поглощающего конденсатора с неизменной разностью фаз (последняя, при телефонной частоте, равна была 15 минутам).

Чтобы исчерпать вполне опыты Миллера, следует упомянуть о влиянии деревьев на поглощение антенны. От здания, в котором находился наблюдатель, были протянуты два параллельных провода, длиной 20 метров, к дереву; средняя высота подвеса была 5 метров; такая антенна на одном конце своем висела между ветвями дерева (опыт был зимой, дерево без листвы), при чем на расстоянии 2 метров

¹⁾ Во всех выше—и нижеописанных случаях заземлением служили водопроводные трубы.

от дерева были в антенну включены фарфоровые изоляторы, помощью которых можно было включать или выключать участок антенны между ветвями дерева. На черт. 7 кривая F представляет зависимость между сопротивлением антенны и длиной волны для антенны с выключенным последним участком; кривая G (черт. 7) показывает, насколько увеличивается поглощение при включении небольшого участка в 2 метра, но расположенного посреди ветвей дерева. Первоначальная емкость антенны в 350 см при включении этого участка повысилась до 405 см; а дополнение до 90° фазового угла такой антенны при включенном участке достигало 2 градусов.

(Продолжение следует).

Анализ работы незатухающего радиоотправителя с умножителем частоты.

Проф. А. Петровского.

Доложено в ПОРОРИ 30 октября 1920 года.

1. Во многих случаях нельзя построить достаточно экономично машину высокой частоты, которая могла бы непосредственно давать волну, требуемую для радиопередачи, а потому прибегают к пользованию умножителем частоты. Наибольшей распространенностью пользуются трансформаторы частоты, которые можно устроить так, что частота, даваемая машиной, умножается на некоторое целое число. При этом в цепи машины (первичная цепь) практически имеет место только основная частота, к которой лишь в слабой степени примешана умноженная частота; в цепи же трансформатора (вторичная цепь) наблюдается исключительно умноженная частота. Одна из возможных схем такого радиоотправителя с умножителем частоты представлена на черт. 1 (стр. 151).

В первичную цепь ее входят: альтернатор с эдс e , сопротивление R_1 , самоиндукция L_1 , емкость C_1 и первичная обмотка умножителя частоты; во вторичную цепь входят: вторичная обмотка умножителя частоты, сопротивление R_2 , самоиндукция L_2 , емкость C_2 ; кроме того предполагается, что она имеет излучение, характеризующееся постоянной S . Добавочная цепь, несущая постоянный ток, принадлежит скорее к конструкции прибора, и входить в ее описание нет необходимости.

2. Не имея в виду останавливаться на конструкции, мы просто предположим, что альтернатор устроен так, что его эдс имеет только основную частоту ω со значительной амплитудой E и обертона n -го порядка $n\omega$ с малой амплитудой E^1 . В таком случае эдс выразится формулой:

$$e = E \sin(\omega t + \chi) + E^1 \sin(n\omega t + \chi^1) \quad (1)$$

Предположим далее, что умножитель частоты обладает свойством передавать во вторичную цепь в значительной мере частоту $n\omega$ и почти

не передавать частоты ω , в первичную же цепь, наоборот, передавать исключительно частоту ω , не передавая частоты $n\omega$. Теоретически это выразится в том, что коэффициент взаимной индукции его обмоток будет неодинаков для частоты ω и для частоты $n\omega$, а также для прямой и для обратной передачи. Именно, для передачи частоты ω в прямом направлении он должен иметь весьма малое значение M_{11} , для передачи же ее в обратном направлении может иметь большее значение M_{11} ; для передачи частоты $n\omega$ в прямом направлении он должен иметь большее значение M_{11}^1 , а для передачи ее в обратном направлении малое значение M_{11}^1 . Для того, чтобы не усложнять рассуждения, будем считать остальные постоянные R, L, C , независимыми от частоты, т. е. одинаковыми как для основного тона, так и для гармоника.

3. Принимая во внимание все вышеизложенное, можно написать дифф. ур-ия, выражающие действие радиоотправителя, в следующем виде.

Для основного тона:

$$E \sin(\omega t + \chi) = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + v_1 + M_{11} \frac{di_2}{dt},$$

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

$$0 = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + v_2 - S_1 \frac{d^2 i_1}{dt^2} + M_{12} \frac{di_1}{dt},$$

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

Для обертона:

$$E^1 \sin(n\omega t + \chi^1) = R_1 i_1^1 + L_1 \frac{di_1^1}{dt} + v_1^1 + M_{11}^1 \frac{di_2^1}{dt},$$

$$i_1^1 = C_1 \frac{dv_1^1}{dt},$$

$$0 = R_2 i_2^1 + L_2 \frac{di_2^1}{dt} + v_2^1 - S_1 \frac{d^2 i_1^1}{dt^2} + M_{12}^1 \frac{di_1^1}{dt},$$

$$i_2^1 = C_2 \frac{dv_2^1}{dt}.$$

Решения их можно получить при помощи построения двух векторных диаграмм, представленных на черт. 2 и черт. 3 (стр. 152).

Они будут иметь следующий вид.

Для основного тона:

$$i_1 = I_1 \sin(\omega t + \varphi_1), \quad v_1 = V_1 \sin(\omega t + \psi_1),$$

$$i_2 = I_2 \sin(\omega t + \varphi_2), \quad v_2 = V_2 \sin(\omega t + \psi_2).$$

Для обертона:

$$i_1^1 = I_1^1 \sin(n\omega t + \varphi_1^1), \quad v_1^1 = V_1^1 \sin(n\omega t + \psi_1^1),$$

$$i_2^1 = I_2^1 \sin(n\omega t + \varphi_2^1), \quad v_2^1 = V_2^1 \sin(n\omega t + \psi_2^1),$$

причем все постоянные I_1 , V_1 , I_2 , V_2 , φ_1 , ψ_1 , φ_2 , ψ_2 , будут связаны соотношениями:

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

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

где

$$Z = \sqrt{R^2 + x^2} = \sqrt{[R_1 + (R_2 + S_2 \omega^2) \frac{M_{21}}{M_{12}} \varepsilon^2]^2 + [x_1 - x_2 \frac{M_{21}}{M_{12}} \varepsilon^2]^2},$$

$$\tan \Delta = \frac{x_1 - x_2 \frac{M_{21}}{M_{12}} \varepsilon^2}{R_1 + (R_2 + S_2 \omega^2) \frac{M_{21}}{M_{12}} \varepsilon^2}, \quad \varepsilon = \frac{M_{12} \omega}{Z} = \frac{M_{12} \omega}{\sqrt{(R_2 + S_2 \omega^2)^2 + x_2^2}},$$

а также:

$$I_2 = \varepsilon I_1 = \frac{\varepsilon E}{Z}; \quad \varphi_2 = \varphi_1 - \frac{\pi}{2} - \Delta_2 = \chi - \frac{\pi}{2} - \Delta - \Delta_2;$$

$$V_2 = \frac{I_2}{C_2 \omega} = \frac{\varepsilon E}{C_2 \omega Z} = E \varepsilon; \quad \psi_2 = \varphi_2 - \frac{\pi}{2} = \chi - \pi - \Delta - \Delta_2;$$

равным образом постоянные I_1^1 , V_1^1 , I_2^1 , V_2^1 , φ_1^1 , ψ_1^1 , φ_2^1 , ψ_2^1 свя-

заны соотношениями:

$$I_1^1 = \frac{E^1}{Z^1}, \quad \varphi_1^1 = \chi^1 - \Delta^1,$$

$$V_1^1 = \frac{I_1^1}{C_1 n \omega}, \quad \phi_1^1 = \varphi_1^1 - \frac{\pi}{2} = \chi^1 - \frac{\pi}{2} - \Delta^1,$$

где:

$$Z^1 = \sqrt{R_1^2 + x_1^2} = \sqrt{[R_1 + (R_2 + S_2 n^2 \omega^2) \frac{M_{21}^1 \varepsilon_1^2}{M_{12}^1}]^2 + [x_1^1 - x_2^1 \frac{M_{21}^1}{M_{12}^1}]^2},$$

$$\tan \Delta^1 = \frac{x_1^1 - x_2^1 \frac{M_{21}^1}{M_{12}^1} \varepsilon_1^2}{R_1 + (R_2 + S_2 n^2 \omega^2) \frac{M_{21}^1}{M_{12}^1} \varepsilon_1^2}; \quad \varepsilon_1^1 = \frac{M_{12}^1 n \omega}{Z_1^1} = \frac{M_{12}^1 n \omega}{\sqrt{(R_2 + S_2 n^2 \omega^2)^2 + x_2^1^2}},$$

а также:

$$I_2^1 = \varepsilon_1^1 I_1^1 = \frac{\varepsilon_1^1 E^1}{Z^1}; \quad \varphi_2^1 = \varphi_1^1 - \frac{\pi}{2} - \Delta^1 = \chi^1 - \frac{\pi}{2} - \Delta^1 - \Delta_2^1,$$

$$V_2^1 = \frac{I_2^1}{C_2 n \omega} = \frac{\varepsilon_1^1 E^1}{C_2 n \omega Z^1} = E^1 \varepsilon_1^1; \quad \phi_2^1 = \varphi_2^1 - \frac{\pi}{2} = \chi^1 - \pi - \Delta^1 - \Delta_2^1.$$

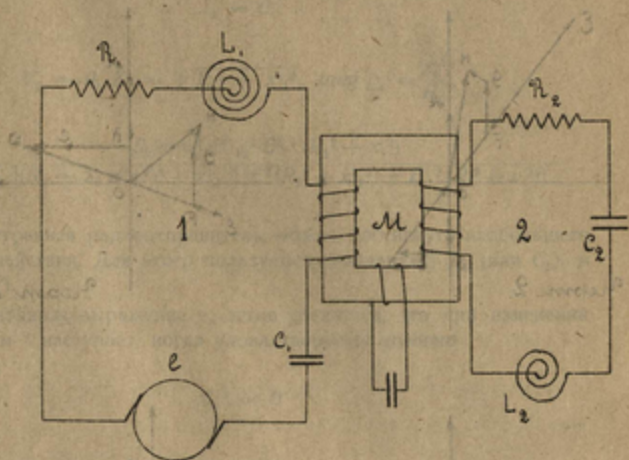
Коэффициент полезного действия радиотеплового прибора с множителем частоты выразится следующей формулой:

$$\eta = \frac{S_2 n^2 \omega^2 I_2^1^2}{R I_1^1^2 + R^1 I_1^1^2} = \frac{S_2 n^4 \omega^4 M_{12}^1^2 E^1^2 Z^2}{Z_1^1^2 [R E^1 Z^1^2 + R^1 E^1^2 Z^2]}.$$

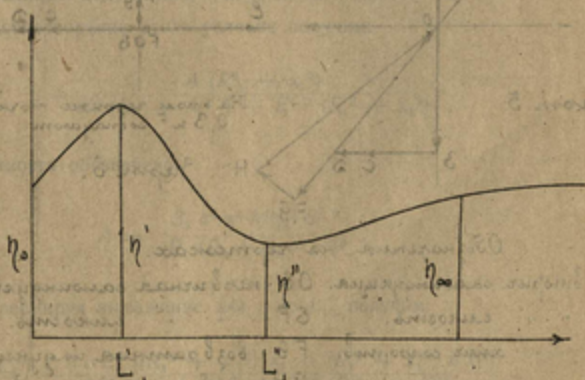
5. Идеальное действие получится при такой конструкции умножителя частоты, при которой во вторичную цепь передается только умноженная частота $n\omega$, а в первичную только основная частота ω . Это будет иметь место при соблюдении условий:

$$M_{12} = 0, \quad M_{21} = 0.$$

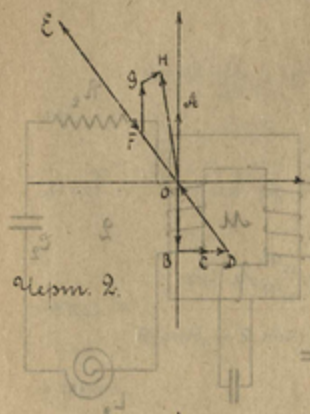
При такой конструкции прибора вышеприведенные формулы примут вид:



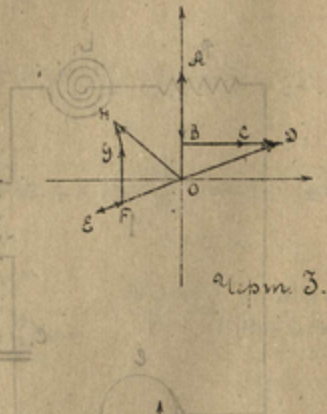
черт. 1.



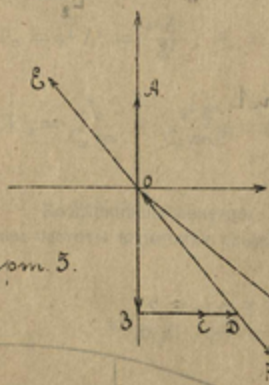
черт. 4.



черт. 2.



черт. 3.



черт. 5.



На этом чертеже точки O, B и F совпадают.

черт. 6.

Обозначения на чертежах.

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| OA - вторич. самоиндукция. | OE - первичная самоиндукция. |
| AB - " " емкость. | EF - " " емкость. |
| BC - " " имп. сопротив. | FG - возвратная индукция. |
| CD - " " излучение. | GH - первичное сопротивление. |
| DO - взаимная индукция | OH - эдс. |

$$x = 0, Z = \sqrt{R_1^2 + x_1^2}, \operatorname{tang} \Delta = \frac{x_1}{R_1},$$

$$L_2 = 0,$$

$$V_2 = 0, Z^1 = \sqrt{R_1^2 + x_1^2}, \operatorname{tang} \Delta^1 = \frac{x_1}{R_1},$$

$$\gamma = \frac{S_2 \pi^4 \omega^4 M_{12}^2 E^{12} (R_1^2 + x_1^2)}{R_1 [(R_2 + S_2 \pi^2 \omega^2)^2 + x_2^2] [E^2 (R_1^2 + x_1^2) + E^{12} (R_1^2 + x_1^2)]}.$$

6. Настраивая радиоотправитель, можно достигнуть наибольшего полезного действия. Для этого пользуются величинами L_1 (или C_1) и L_2 (или C_2).

Рассматривая выражение γ , легко убедиться, что при изменении L_2 максимум γ наступает, когда удовлетворяется условие

$$x_2 = 0$$

или

$$L_2 = \frac{1}{C_2 \pi^2 \omega^2}.$$

Это означает, что вторичная цепь должна быть настроена в резонанс собственных колебаний с умноженной частотой ω .

При удовлетворении этого условия получим:

$$\gamma = \frac{A (R_1^2 + x_1^2)}{E^2 (R_1^2 + x_1^2) + E^{12} (R_1^2 + x_1^2)},$$

где для краткости обозначено:

$$A = \frac{S_2 \pi^4 \omega^4 M_{12}^2 E^{12}}{R_1 (R_2 + S_2 \pi^2 \omega^2)^2}.$$

Дифференцируя выражение для γ по L_1 , получим:

$$\frac{d\gamma}{dL_1} = \frac{2 A \omega E^2 [(R_1^2 + x_1^2) x_1 - (R_1^2 + x_1^2) \pi x_1^3]}{[E^2 (R_1^2 + x_1^2) + E^{12} (R_1^2 + x_1^2)]^2}.$$

7. Посмотрим теперь, как изменяется γ при изменении L_1 от 0 до ∞ . При $L_1 = 0$, имеем:

$$\gamma_0 = \frac{A n^2 (1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2)}{E^2 (1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2) + E^{1/2} n^2 (1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2)};$$

$$\left(\frac{d\gamma}{dL_1} \right)_0 = \frac{2 A E^2 C_1 \omega^2 n^2 (n^2 - 1)}{E^2 (1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2) + E^{1/2} n^2 (1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2)}.$$

Отсюда видно, что при возрастании L_1 от нуля γ увеличивается.

При $L_1 = \infty$, имеем:

$$\gamma_{\infty} = \frac{A}{E^2 n^2 + E^{1/2}}; \quad \left(\frac{d\gamma}{dL_1} \right)_{\infty} = 0.$$

Легко убедиться также, что производная приближается к нулю, подходя к нему с положительной стороны. Это означает, что при весьма больших значениях L_1 , величина γ возрастает, асимптотически приближаясь к пределу, равному γ_{∞} .

Производная $\frac{d\gamma}{dL_1}$ в промежутке между $L_1 = 0$ и $L_1 = \infty$ два раза обращается в нуль. Это имеет место при¹⁾

$$\frac{x_1}{R_1^2 + x_1^2} = n \frac{x_1^3}{R_1^2 + x_1^2},$$

причем выражение для γ принимает вид:

$$\gamma_m = \frac{A x_1}{E^2 n x_1^3 + E^{1/2} x_1}.$$

Если развернуть предшествующее уравнение, то найдем два значения L_1 , из которых одно соответствует максимуму, а другое—минимуму величины γ .

А именно получаем уравнение:

$$L_1^2 - \left(\frac{n^2 + 1}{C_1 n^2 \omega^2} + R_1^2 C_1 \right) L_1 + \frac{1}{C_1^2 n^2 \omega^4} = 0;$$

откуда имеем при максимуме γ :

¹⁾ Это условие можно выразить словами: производная эта равна нулю, когда безваттная проводимость первичной цепи для основной частоты оказывается в n раз больше, чем таковая для умноженной частоты порядка n .

$$L_1^1 = \frac{1}{2 C_1 \omega^2 n^2} \left\{ n^2 + 1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2 - \right. \\ \left. - \sqrt{[(n+1)^2 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2][(n-1)^2 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2]} \right\}$$

и при минимуме γ :

$$L_1^{11} = \frac{1}{2 C_1 \omega^2 n^2} \left\{ n^2 + 1 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2 + \right. \\ \left. + \sqrt{[(n+1)^2 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2][(n-1)^2 + R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2]} \right\}.$$

Величина максимума γ выражается формулой:

$$\gamma^1 = \frac{A [L_1^1 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}]}{E^2 n [L_1^1 n \omega - \frac{1}{C_1 n \omega}] + E^{1^2} [L_1^1 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}]};$$

а величина минимума:

$$\gamma^{11} = \frac{A [L_1^{11} \omega - \frac{1}{C_1 \omega}]}{E^2 n [L_1^{11} n \omega - \frac{1}{C_1 n \omega}] + E^{1^2} [L_1^{11} \omega - \frac{1}{C_1 \omega}]}.$$

Весь ход изменений величины γ при изменении L_1 представлен кривой, изображенной на черт. 4 (стр. 151).

8. Если имеет место неравенство

$$R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2 \ll 1,$$

то приближенно можно написать:

$$\gamma_0 = \frac{A n^2}{E^2 + E^{1^2} n^2} \cdot \left(\frac{d\gamma}{dL_1} \right)_0 = 0,$$

$$L_1^1 = \frac{1}{C_1 \omega^2 n^2}, \quad \gamma^1 = \frac{A}{E^{1^2}} = \frac{S_2 n^4 \omega^4 M_{12}^2}{(R_2 + S_2 n^2 \omega^2)^2},$$

$$L_1^{11} = \frac{1}{C_1 \omega^2}, \quad x^{11} = \frac{A R_1^2 C_1^2 \omega^2 n^2}{(n^2 - 1)^2 E^2} = \frac{S_2 n^6 \omega^6 R_1^2 C_1^2 M_{12}^2 E^{1/2}}{(R_2 + S_2 n^2 \omega^2)^2 (n^2 - 1)^2 E^2}.$$

След., при этом условии максимум отдачи совпадает с настройкой собственных колебаний первичной цепи на умноженную частоту, а минимум отдачи совпадает с настройкой первичной цепи на основную частоту.

9. Из вышеизложенного анализа вытекает, что для наиболее выгодной работы радиоотправителя, снабженного умножителем частоты вышеуказанного типа, его первичная цепь, как и вторичная, должна быть настроена на умноженную частоту.

При соблюдении обоих настроек имеем следующие приближенные формулы, определяющие работу установки.

а) Для основной частоты:

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}} = \frac{n^2}{n^2 - 1} C_1 \omega E, \quad I_2 = 0,$$

$$V_1 = \frac{I_1}{C_1 \omega}, \quad V_2 = 0,$$

$$\tan \Delta = -\frac{n^2 - 1}{R_1 C_1 \omega n^2}, \quad \tan \Delta_2 = -\frac{n^2 - 1}{C_2 \omega n^2 (R_2 + S_2 \omega^2)}.$$

б) Для умноженной частоты:

$$I_1^1 = \frac{E^1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^{12}}} = \frac{E^1}{R_1}, \quad I_2^1 = z^1 I_1 = \frac{M_{12}^1 n \omega E^1}{R_1 (R_2 + S_2 n^2 \omega^2)},$$

$$V_1^1 = \frac{I_1^1}{C_1 n \omega}, \quad V_2^1 = \frac{I_2^1}{C_2 n \omega},$$

$$\tan \Delta^1 = -\frac{R_1 C_1 \omega n}{n^2 - 1}, \quad \tan \Delta_2^1 = 0.$$

Векторная диаграмма для основной частоты представлена на черт. 5 (стр. 152), и для умноженной частоты на черт. 6.

Расчет коэффициентов самоиндукции соленоидов и спиралей.

Инженера Д. А. Виккера.

Настоящая работа есть результат ряда систематических измерений, произведенных в Московской Радиолaborатории Секции Радио 6. Гора'ов. Эти измерения были предприняты с целью проверить метод расчета коэффициентов самоиндукции, предложенный в журнале: *The Electrician* № 1947, 10—IX—1915: „The calculation and design of inductance“. Наши измерения показали, что этот метод, в таком виде, как он предложен в названной статье, правилен лишь в применении к расчету соленоидальных катушек. Мы несколько изменили метод автора, и нам удалось применить его принцип к расчету и несоленоидальных катушек (т. е. катушек с любым шагом витков).

В результате мы получили ряд кривых экспериментального характера и ряд формул одного и того же типа, которые должны дать радиоинженерам—строителям и конструкторам способ быстрого и точного расчета спиралей и катушек всевозможных конструкций.

Однослойные соленоидальные катушки.

Магнитный поток, производимый длинным соленоидом, т. е. длинной катушкой из тонкой проволоки с витками, расположенными в плоскостях перпендикулярных к оси катушки и очень близко друг к другу, выражается, как известно, формулой:

$$\Phi = \frac{4\pi NIS}{l}, \quad (1)$$

где N —число витков катушки, I —сила тока, S —площадь поперечного сечения соленоида, l —длина его оси.

В том случае, когда длина соленоидальной катушки достаточно велика по сравнению с линейными размерами ее поперечного сечения, этот магнитный поток пронизывает в одинаковой степени почти все ее витки. Поэтому коэффициент самоиндукции длинного соленоида равен:

$$L = N \frac{\Phi}{I} = \frac{4\pi N^2 S}{l}.$$

Обозначив число витков на единицу длины катушки через n , так что $n = \frac{N}{l}$, получим:

$$L = 4\pi n^2 s l \quad (2)$$

В тех случаях, когда длина соленоидальной катушки невелика по сравнению с размерами ее поперечного сечения, коэффициент самоиндукции будет меньше значений, даваемых формулой (2). Это происходит вследствие относительно большого размагничивающего действия концов катушки и вследствие сравнительно большей величины магнитных утечек (быстрое загибание силовых линий у концов катушки). Поэтому коэффициент самоиндукции таких соленоидов выразится формулой:

$$L = k 4\pi n^2 s l, \quad (3)$$

где k — поправочный коэффициент, причем $k \leq 1$.

Для цилиндрических соленоидов формула (3) примет вид:

$$L = k \pi^2 D^2 n^2 l, \quad (4)$$

где D — диаметр сечения соленоида.

В случае соленоидов прямоугольного сечения формула (3) примет вид:

$$L = k 4\pi a b n^2 l, \quad (5)$$

где a и b размеры поперечного сечения соленоида.

Возьмем какойнибудь однослойный цилиндрический соленоид и будем измерять его самоиндукцию, вводя в измеряемую часть разное количество витков и постепенно увеличивая их число.

Представим графически результаты измерений. Для этого на оси абсцисс можно откладывать число витков измеряемой части соленоида, а на оси ординат — соответствующие коэффициенты самоиндукции. Некоторого вида линии, начинающиеся в начале координат, представят график коэффициентов самоиндукции, как функцию числа витков соленоида. Вместо числа витков измеряемой части катушки можно откладывать на оси абсцисс нашего графика и длину оси измеряемой части, так как эта длина пропорциональна числу витков.

Но для получения общего закона изменения коэффициентов самоиндукции нам интересны не абсолютные размеры катушек, а соотношения этих размеров. Поэтому будем откладывать на оси абсцисс длину оси измеряемой части катушки, выраженную в частях диаметра

катушки, т. е. отношения l/D , где l — длина оси измеряемой части (величина переменная), а D — диаметр сечения катушки.

В такой системе координат линия Oa (черт. 1 стр. 161), представляя графически результат наших измерений. Иначе говоря, линия Oa представит график формулы (4). Эта линия в своей начальной части есть некоторая кривая, которая постепенно переходит в прямую.

Представим графически, в том же масштабе и в тех же осях координат, значения, даваемые формулой (2) для разных длин нашего соленоида. Это будет прямая линия Oa^1 , также начинающаяся в начале координат.

Измерения, произведенные над цилиндрическими соленоидами разных конструкций, т. е. разных диаметров D и из разных проводников, кабельков и кабелей, показали, что линия Oa всегда переходит в прямую, параллельную линии Oa^1 , каковы бы ни были численные значения D , n , l и каков бы ни был диаметр проводника или конструкция кабелька, при соблюдении условия, что рассматриваемая катушка может быть уподоблена соленоиду, т. е. что шаг витков очень мал по сравнению с их диаметром, и что витки расположены перпендикулярно к оси катушки.

Кроме того измерения показали, что прямая ba своим продолжением отсекает на оси абсцисс отрезок Oc всегда одной и той же длины $Oc = const = A$, если эта длина выражена в частях отношения l/D , и что кривая Ob изменяется по одному и тому же закону для всех соленоидов.

Чтобы получить значения поправочного коэффициента k , входящего в формулу (4), надо взять отношения ординат линии Oa к ординатам прямой Oa^1 . Таким образом поправочный коэффициент k представит собой функцию одной лишь переменной величины — отношения l/D . Из того, что сказано выше о линиях Oa и Oa^1 , ясно, что поправочный коэффициент k изменяется по одному и тому же закону для соленоидов разных конструкций, и что он совершенно не зависит ни от конструкции проводника, ни от абсолютных размеров катушек, но лишь от соотношения величин l и D .

После некоторого значения l/D , а именно — начиная от длины соленоида, соответствующей на черт. 1 отрезку Ox , этот коэффициент превращается в гиперболическую функцию отношения l/D .

В самом деле, для значений $l/D \geq Ox$ имеем:

$$k = \frac{\partial f}{\partial f} = \frac{cf}{Of} = \frac{Of - A}{Of} = 1 - \frac{A}{Of}, \text{ т. е.}$$

$$k = 1 - \frac{A}{l/D} \quad (6)$$

Предел, к которому стремится k при растущих значениях l/D , равен 1.

Измерения показали, что для соленоидальных катушек прямоугольного сечения имеет место такое же взаиморасположение линий Oa и Oa^1 (черт. 1), что и для цилиндрических соленоидов, при условии однако, что поперечное сечение прямоугольной катушки представляет собой квадрат или не очень растянутый прямоугольник.

Пусть a и b обозначают стороны поперечного сечения катушки. Если на оси абсцисс черт. 1 отложены отношения $l/\sqrt{a \cdot b}$, где l — длина оси измеряемой части катушки, то линия Oa , выражающая значения формул (3) или (5) для прямоугольных катушек, вполне тождественна с той же линией в случае цилиндрических катушек и так же, как в случае цилиндрических катушек, постепенно переходит в прямую, параллельную прямой Oa^1 , выражающей значения формулы (2), причем отрезок на оси абсцисс $Oc = const = A$ имеет то же значение, если он выражен в частях отношения $l/\sqrt{a \cdot b}$.

Следовательно коэффициент k , входящий в формулы (3) и (5), для соленоидальных катушек прямоугольного сечения изменяется по тому же закону, как и для цилиндрических соленоидов.

Так же, как и для цилиндрических соленоидов коэффициент k , для значений $l/\sqrt{a \cdot b} \geq 0x$, превращается в гиперболическую функцию отношения $l/\sqrt{a \cdot b}$, а именно:

$$k = 1 - \frac{A}{l/\sqrt{a \cdot b}} \quad (7)$$

Так же, как и для цилиндрических соленоидов, этот поправочный коэффициент k стремится к 1 — при растущих значениях $l/\sqrt{a \cdot b}$.

Однослойные катушки с большим шагом витков.

Катушки, витки которых идут по винтовым линиям заметного подъема и, следовательно, не находятся в плоскостях перпендикулярных к оси катушки, обладают магнитным полем, сила которого может быть представлена лишь сложными математическими выражениями (как следствие закона Био-Савара). По сравнению с соленоидами, магнитное поле таких спиралей имеет добавочные слагающие, зависящие от угла наклона витков к оси катушки. Явление осложняется еще тем, что эффект взаимоиндукции между отдельными витками и величина магнитных утечек, происходящих между прилежащими витками, также суть функции подъема винтовой линии.

Как бы ни были сложны магнитные явления, имеющие место в указанных катушках, несомненно однако, что мы вправе рассматривать соленоидальные катушки, как частный и наиболее простой случай

D. A. Bruckner.

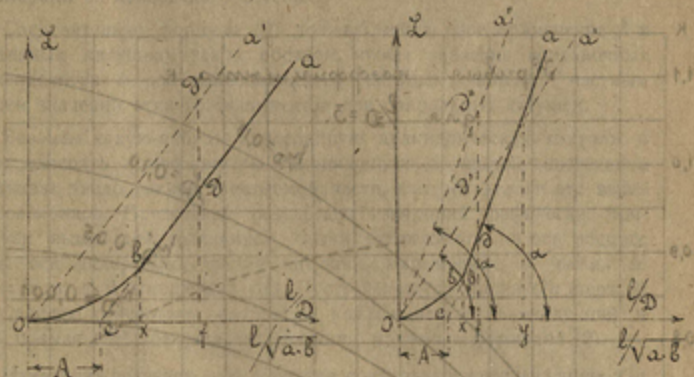


рис. 1.

рис. 2.

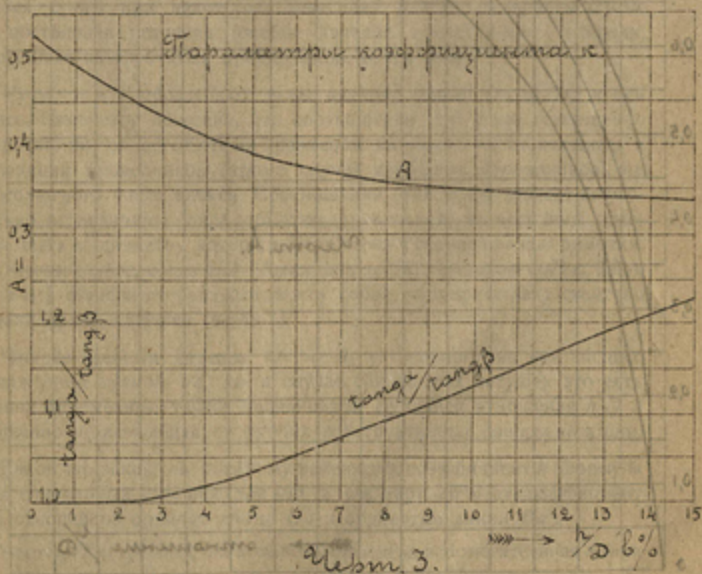
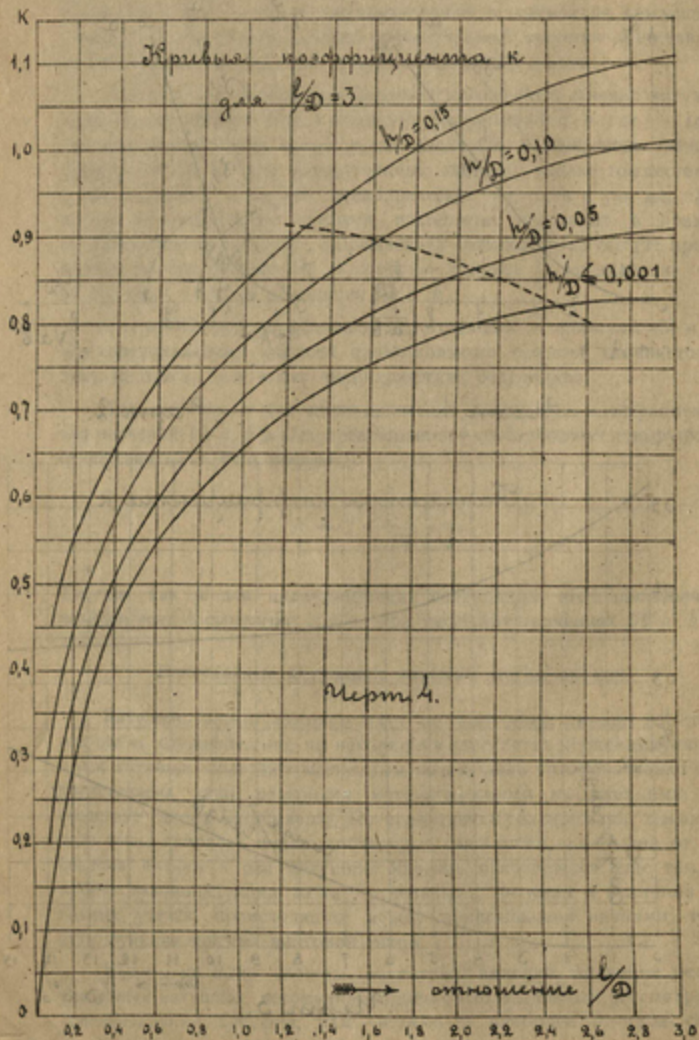


рис. 3.



спиральных катушек, а именно мы вправе определить соленоид, как спиральную катушку, шаг обмотки которой очень мал по сравнению с размерами ее поперечного сечения.

Следовательно формула (3) должна найти свое применение и к спиральным катушкам таким образом, чтобы значения поправочных коэффициентов k для соленоидальных катушек являлись частным случаем значений этих коэффициентов для спиральных катушек.

Возьмем какую-нибудь однослойную цилиндрическую спираль и будем измерять коэффициенты самоиндукции ее частей, постепенно увеличивая число витков измеряемой части, как мы делали это выше для соленоидов. Представим результаты измерений графически; причем, как выше для соленоидов, будем откладывать на оси абсцисс длины оси измеряемых частей катушки, выраженные в частях ее диаметра, т. е. в отношениях l/D . Пусть некоторая линия Oa (черт. 2) представляет результаты измерений коэффициентов самоиндукции и пусть прямая Oa^1 представляет значения, даваемые формулой (2).

Измерения показали, что в случае спиральных катушек линия Oa в своей начальной части представляет некоторую кривую Ob , которая так же, как и для соленоидов, постепенно переходит в прямую линию ba , но эта последняя уже не параллельна линии Oa^1 , а всегда пересекается с ней при некоторых значениях $l/D = Oy$, причем Oy не есть постоянная величина (особое явление представляют спирали, построенные из трубчатых проводников, о чем ниже).

Пусть α и β обозначают углы наклона линий Oa и Oa^1 к оси абсцисс. Измерения показали, что соотношения этих углов совершенно не зависят ни от абсолютных размеров катушек, ни от толщины и конструкции проводников (кроме случая трубчатых проводников), ни от абсолютного числа витков. Соотношения этих углов зависят исключительно от величины шага обмотки, правильнее — от величины отношения шага к диаметру катушки. Если через h обозначим шаг обмотки, то в частном случае, когда h/D — величина достаточно малая ($h/D \leq 0,01$), углы α и β становятся равными между собой, что представит свойство соленоидальных катушек (черт. 1).

Что же касается отрезка $Oc = A$, отсекаемого на оси абсцисс продолжением прямой ba , то в случае спиральных катушек это есть величина переменная, также являющаяся функцией отношения h/D и совершенно не зависящая от прочих конструктивных данных катушки.

Каков же закон, по которому изменяется коэффициент k (формула 3) для спиральных катушек (для $l/D \geq 0x$, черт. 2)? Этот коэффициент равен отношению ординат линии Oa к ординатам линии Oa^1 .

Чертеж 2 (стр. 161), на котором проведена вспомогательная линия Oa^{11} параллельная ba , дает нам следующие соотношения:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{\partial f}{\partial l} = \frac{\partial f}{\partial l^2} \cdot \frac{\partial l^2}{\partial l} = \frac{\partial f}{\partial l^2} \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{cf}{Of} \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{Of - Oc}{Of} \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \\
 &= \frac{(l/D - A)}{l/D} \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \left(1 - \frac{A}{l/D}\right) \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}; \\
 k &= \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \left(1 - \frac{A}{l/D}\right). \quad (8)
 \end{aligned}$$

Таким образом для значений $l/D \gg 0x$ коэффициент k представляет собой гиперболическую функцию отношения l/D . Параметры $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$ и A , входящие в формулу (8), зависят, как уже сказано выше, от величины отношения шага обмотки к диаметру катушки (от величины h/D).

В отличие от соленоидальных катушек, поправочный коэффициент спиральных катушек при растущих значениях l/D может оказаться больше 1. Предел, к которому стремится коэффициент k по мере увеличения длины оси катушки, будет $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$.

Измерения, произведенные над спиральными катушками прямоугольных сечений, показали, что все, сказанное выше о соотношениях линий Oa и Oa^1 (черт. 2) для цилиндрических спиралей, имеет место и для спиралей прямоугольных сечений с той лишь разницей, что на оси абсцисс черт. 2 должны быть отложены величины $l/\sqrt{a \cdot b}$, где a и b — стороны поперечного сечения катушки.

Для значений $l/\sqrt{a \cdot b} \gg 0x$ этот коэффициент выразится формулой

$$k = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \left(1 - \frac{A}{l/\sqrt{a \cdot b}}\right). \quad (9)$$

Параметры $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$ и A , входящие в эту формулу, зависят исключительно от величины отношения $h/\sqrt{a \cdot b}$. Предел, к которому стремится коэффициент k по мере увеличения длины оси катушки, будет

$$\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}.$$

Кривые, представленные на черт. 3 (стр. 161), дают величины параметров $\tan \alpha / \tan \beta$ и A , полученные нами в результате измерений, произведенных над катушками разных конструкций.

Кривые, представленные на черт. 4 (стр. 162), дают значения коэффициента k для разных случаев h/D , а именно для $h/D \leq 0,01$, (соленоидальные катушки) и для $h/D = 0,05 - 0,10 - 0,15$.

Пунктир, пересекающий последние кривые, указывает те точки, где коэффициент k становится гиперболической функцией отношения l/D , что соответствует на черт. 1 и 2 величинам $l/D = 0x$.

В случае соленоидов и спиралей прямоугольного сечения — читать на оси абсцисс черт. 3 вместо h/D — величину $h/\sqrt{a \cdot b}$, а на черт. 4 — вместо l/D — величину $l/\sqrt{a \cdot b}$, а вместо надписей h/D — $h/\sqrt{a \cdot b}$.

Цилиндрические спирали из трубчатых (полых) проводников.

Магнитное поле, производимое полым проводником, отличается от магнитного поля, производимого сплошным проводником.

Рассмотрим какой нибудь элемент поперечного сечения трубчатого проводника (черт. 5, стр. 171). Магнитное поле этого элемента схематически представится окружностью 1—1, расположенную отчасти в полости проводника, отчасти вне ее. Если мы просуммируем магнитные поля всех элементов поперечного сечения, то окажется, что полый проводник имеет вне его и внутри его два разно направленные магнитные поля H и H^1 . Отсюда ясно, что магнитный поток спирали, построенной из трубчатого проводника, должен быть слабее магнитного поля такой же спирали, построенной из сплошного проводника. Чертеж 6, на котором схематически представлены магнитные поля такой катушки, поясняет это явление.

Так как магнитный поток, производимый спиралью из трубчатого проводника, слабее магнитного потока такой же спирали из сплошного проводника, то ясно, что коэффициент самоиндукции спиралей из трубчатых проводников должен быть меньше коэффициента самоиндукции подобных спиралей из сплошных проводников.

Измерения, произведенные над рядом спиралей из трубчатых проводников, подтвердили это соображение. Оказалось, что поправочный коэффициент k , входящий в формулу (3), в случае спиралей из трубчатых проводников всегда ниже значений, даваемых кривыми черт. 4 или формулой (8). После ряда измерений, произведенных над такими спиральями разных конструкций, мы получили для их поправочного коэффициента выражение:

$$k_1 = \gamma k. \quad (10)$$

Значения коэффициента γ , входящего в эту формулу, даны кривой черт. 7, как функция отношения d/D , где d — диаметр полый части проводника, а D — „средний“ диаметр поперечного сечения спирали (см. черт. 6).

Что же касается коэффициента k , входящего в формулу (10), то он определяется по кривым черт. 4 или по формуле (8).

В предельном случае, когда d приближается к 0, k_1 стремится к k , т. е. к коэффициенту для спиралей из сплошных проводников.

Все измерения производились нами при частоте в 1000 периодов. При высокой частоте должны проявлять свое действие некоторые факторы, не играющие значительной роли при низкой частоте, а именно: магнитная реакция токов Фуко, развивающихся в массе проводника, распределение тока по наружной периферии проводника, эффект емкости, распределяющейся вдоль витков самой катушки, и проч. Поэтому при высокой частоте значения коэффициентов самоиндукции будут несколько отличаться от величин, получаемых при помощи указанных выше кривых и формул.

Многослойные соленоидальные катушки.

Допустим, что мы имеем сложную катушку, составленную из нескольких соленоидальных слоев, с одинаковым числом витков на сантиметр длины ($n = \frac{N}{l} = \text{const}$), одинаковой длины и разных диаметров, и собранных коаксиально так, что магнитные потоки отдельных слоев направлены одинаково.

Обозначим через L_1, L_2, L_3 и т. д. коэффициенты самоиндукции отдельно взятых слоев, а через $M_{1-2}, M_{1-3}, M_{1-4}, M_{2-3} \dots$ — коэффициенты взаимной индукции этих слоев взятых попарно.

Коэффициент самоиндукции всей сложной катушки, т. е. всех ее слоев, сложенных коаксиально и соединенных последовательно, равен:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + 2M_{1-2} + 2M_{1-3} + 2M_{1-4} + \dots + 2M_{2-3} + \dots \quad (11)$$

Расчет коэффициентов $L_1, L_2, L_3 \dots$ — уже указан выше. Значит, задача сводится к определению коэффициентов взаимной индукции между слоями.

С этой целью нами были произведены измерения над соленоидальными катушками разных конструкций, причем в каждом отдельном случае мы брали коаксиально сложенные катушки разных диаметров, одной и той же длины и с одинаковой густотой обмотки.

Пусть L_n и L_{n+1} будут коэффициенты самоиндукции двух каких-нибудь коаксиальных слоев, M — коэффициент их взаимной индукции, а D_n и D_{n+1} — диаметры их сечений.

Обозначим коэффициент связи между рассматриваемыми слоями через K , так что $K = \frac{M}{\sqrt{L_n \cdot L_{n+1}}}$.

Измерения показали, что в случае соленоидальных слоев одинаковой длины коэффициент связи зависит от двух величин:

1) От отношения D_n/D_{n+1} и 2) от величины $^{1/2}(k_n + k_{n+1})$, где k_n и k_{n+1} — поправочные коэффициенты формулы (4), определяемые по нижней кривой черт. 4.

Рядом измерений мы установили эту зависимость, каковая и представлена на черт. 8 (стр. 171).

Измерения, произведенные над коаксиально собранными соленоидальными катушками прямоугольного сечения, обнаружили тот же закон для величины коэффициента связи. В этом случае величина

$K = \frac{M}{\sqrt{L_n L_{n+1}}}$ является функцией двух величин:

1) величины $\sqrt{\frac{a_n \cdot b_n}{a_{n+1} \cdot b_{n+1}}}$, где $a_n, b_n, a_{n+1}, b_{n+1}$ — стороны поперечных сечений рассматриваемых слоев,

2) величины $^{1/2}(K_n + K_{n+1})$, где K_n и K_{n+1} — поправочные коэффициенты формулы (5).

В случае катушек прямоугольного сечения читать на черт. 8 — на оси абсцисс вместо D_n/D_{n+1} величину $\sqrt{\frac{a_n \cdot b_n}{a_{n+1} \cdot b_{n+1}}}$.

Таким образом, пользуясь кривыми черт. 8, мы можем определить все коэффициенты взаимной индукции, входящие в формулу (11); формула (11) дает величину коэффициента самоиндукции сложной катушки, составленной из какого угодно числа соленоидальных слоев круглого или прямоугольного сечения.

В случае, когда сложная катушка состоит из слоев, расположенных очень близко друг к другу, так что можно допустить их практически совпадающими, формула (11) упрощается. В этом случае отношение

$\frac{M}{\sqrt{L_n \cdot L_{n+1}}}$ можно принять практически равным единице. Кроме того можно допустить, что $L_1 = L_2 = L_3 = \dots = L_0$, где L_0 — коэффициент самоиндукции среднего слоя. Таким образом, в случае m слоев, коэффициент самоиндукции такой катушки будет равен

$$L = m^2 L_0. \quad (12)$$

Величина L_0 определяется по способам, указанным выше, в зависимости от отношения l/D_0 , где D_0 — диаметр среднего слоя.

Принимая здесь D_0 равным среднему диаметру многослойной катушки, мы совершаем некоторую ошибку, которая в разных случаях

может иметь большее или меньшее значение. Правильнее будет рассматривать D_0 не как диаметр среднего слоя, а как квадратный корень из среднего квадратичного значения всех диаметров различных слоев катушки.

Таким образом D_0 следует определить из интеграла

$$D_0^2 = \frac{1}{m} \int_0^m D^2 dm;$$

где m — число слоев, а D величина, растущая непрерывно и равномерно от D_1 до D_m (см. черт. 9 стр. 172).

Интегрирование последнего выражения дает:

$$D_0^2 = D_1^2 + D_1(D_m - D_1) + \frac{(D_m - D_1)^2}{3}.$$

Плоские спирали.

Плоскую спираль подобно цилиндрической спирали можно представить себе, как предельный случай конической спирали, что явствует из чертежа 10-го. Поэтому формула, применяемая для расчета коэффициентов самоиндукции плоских спиралей, должна иметь тот же характер, что и формула для цилиндрических спиралей. Измерения, произведенные нами над плоскими спиралями, подтвердили это соображение.

Коэффициент самоиндукции плоских спиралей может быть выражен формулой:

$$L = k \pi^2 D_0^2 n^2 l, \quad (13)$$

где:

$$D_0^2 = D_1^2 + D_1(D_m - D_1) + \frac{(D_m - D_1)^2}{3},$$

т. е. средняя квадратичная величина постепенно растущего диаметра спирали $n = \frac{N}{l}$ (N — общее число витков спирали, l — согласно обозначению черт. 10).

Что же касается поправочного коэффициента, входящего в формулу (13), то, в случае спиралей из сплошных проводников или кабелев, он определяется так же, как для цилиндрических спиралей, т. е. по формуле (8) и помощью кривых черт. 3 или по кривым черт. 4.

В случае спиралей из трубчатых проводников коэффициент k определяется по формуле (10) и помощью кривых черт. 3. Читать на кривых: вместо h/D — величину h/D_0 , вместо l/D — величину l/D_0 , вместо δ/D — величину δ/D_0 .

Формула (13) применима в тех случаях, когда толщина спирали (λ на черт. 10) не велика по сравнению с длиной l . В случае спиралей, построенных из лент значительной ширины, надо принять во внимание ослабление магнитного потока, происходящее вследствие того обстоятельства, что силовым линиям приходится проходить более длинный путь, а именно вместо пути, определяемого величиной $2l$, путь определяемый величиной $2l + 2\lambda$. Магнитный поток в этом случае уменьшится приблизительно в отношении $\frac{l}{l + \lambda}$ (по сравнению с магнитным потоком подобной же спирали, но незначительной толщины). Следовательно во столько же раз уменьшится величина коэффициента самоиндукции. Поэтому для спиралей из широких лент вместо формулы (13) получим следующее выражение:

$$L = \frac{l}{l + \lambda} k \pi^2 D_0^2 n^2 l^3. \quad (14)$$

П Р И М Е Р Ы¹⁾.

1. Однослойные цилиндрические катушки любой длины.

L вычисляется по форм. 4 стр. 158, причем k вычисляется по форм. 8 стр. 164; его параметры определяются по черт. 3.

Напр. диаметр барабана = 19,4 см, диаметр изолированного проводника = 2 мм, длина катушки = 67 см, число витков = 33.

$D = 19,6$ см; $n = 0,493$; $h = 2,03$ см; $h/D = 0,10$; $l/D = 3,41$; $k = 1,135$ ($1 - 0,35/3,41$) = 1,02.

$L = 1,02 + \pi^2 + (19,6)^2 + (0,493)^2 + 67 = 63000$ см [63400 см].

2. Однослойные цилиндрические катушки длиной $\leq 3 D$.

Формула 4 стр. 158 и черт. 4.

Дополнительная самоиндукция антенны из трех секций: числа витков 28, 57, 86, 115; диаметр барабана = 98 см, диаметр проводника (кабель, скрученный из нескольких гибких жил) = 12 мм, длина катушки = 140 см.

¹⁾ В квадратных скобках приведены результаты непосредственных измерений, исполненных при $L < 2 \cdot 10^6$ на мостике Кемпбелла, при L больших этой величины — помощью эталона ватметра Гартмана и Брауна, при частоте = 1000.

Первая секция: $k = 0,43$; $L = 970000$ [$1,02 \cdot 10^6$ см].

Вторая : $k = 0,585$; $L = 2680000$ [$2,73 \cdot 10^6$ см].

Третья : $k = 0,67$; $L = 4600000$ [$4,72 \cdot 10^6$ см].

Вся катушка: $k = 0,735$; $L = 6800000$ [$6,95 \cdot 10^6$ см].

3. Многослойные цилиндрические катушки, составленные из соленоидалных слоев одной длины и с одним шагом.

а) Отдельные слои значительно отстоят друг от друга.

L определяется по форм. 11 стр. 166, $M = K \sqrt{L_n \cdot L_{n+1}}$, причем K дается черт. 8 стр. 171.

Напр. трехслойная катушка: диаметры барабанов равны 122,5 мм; 133 мм; 142 мм; длина катушки = 147 мм; число витков в каждом слое = 120; диаметр изолированной проволоки = 1 мм.

$L_1 = 1040000$ см, $L_2 = 1200000$ см, $L_3 = 1340000$ см;

$M_{12} = 1030000$ см, $M_{23} = 1185000$ см, $M_{13} = 995000$ см;

$L = 10 \cdot 10^6$ см [10300000 см].

б) Отдельные слои плотно обхватывают друг друга, число слоев значительно; λ нельзя пренебречь. L определяется по формуле:

$L = \frac{k \pi^2 D_0^2 N^2 m^2}{l + \lambda}$, k определяется по нижней кривой черт. 4.

Напр., диаметр катушки внутренний = 100 мм, наружный = 150 мм; длина оси катушки = 5 мм, число слоев = 30, число витков в каждом = 6, диаметр изолированного провода = 0,7 мм. $D_0 = 12,6$ см, $l/D_0 = 0,04$, $k = 0,085$, $L = 12,4 \cdot 10^6$ см [$11,6 \cdot 10^6$ см].

в) Отдельные слои плотно обхватывают друг друга; число слоев незначительно (λ — малая величина).

Напр.: диаметр катушки внутренний = 32,6 см, наружный = 37 см, число слоев = 3, число витков в каждом слое = 6, длина оси катушки = 4,2 см, проводник квадратного сечения $6,8 \times 6,8$ мм². $k = 0,21$; $L = 193000$ см [184000 см].

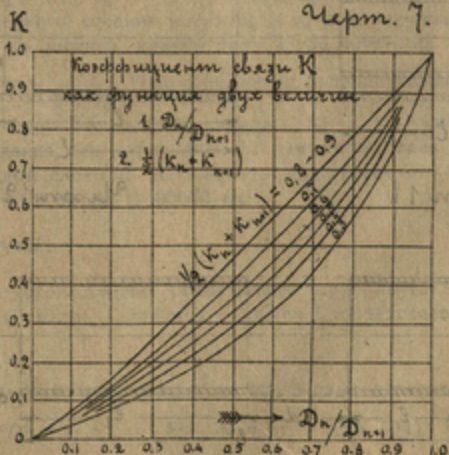
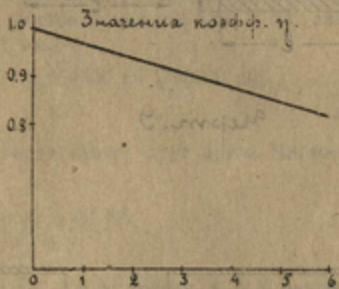
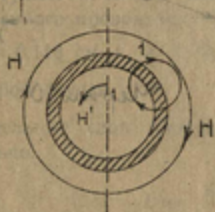
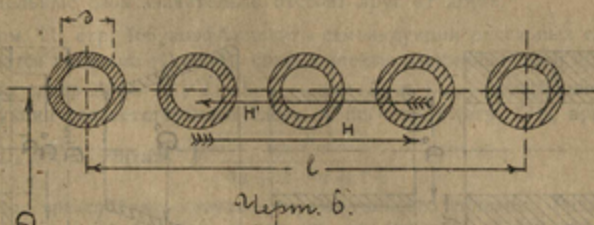
4. Однослойные катушки прямоугольного сечения любой длины.

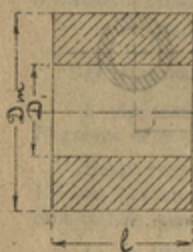
Формула 5 стр. 158; k определяется из форм. 9 стр. 164 и черт. 3.

5. Однослойные катушки прямоугольного сечения, коих $l \leq 3 \sqrt{ab}$.

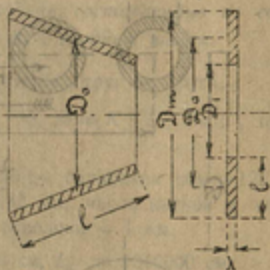
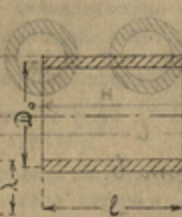
Формула 5 стр. 158; k определяется по черт. 4.

Напр.: поперечное сечение барабана $\equiv 220 \times 147$ мм²; длина оси = 25 мм; число витков = 21; диаметр изолированного провода = 1 мм, $k = 0,235$, $L = 172000$ см [174000 см].

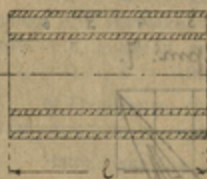




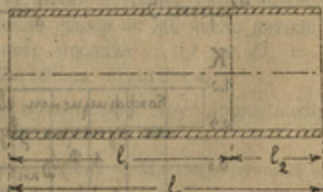
черт. 9.



черт. 10.



черт. 11.



черт. 12.



черт. 13.

6. Многослойные катушки прямоугольного сечения, слои соленоидальные с одинаковым шагом и одной длины.

Первый случай.

Отдельные слои значительно отстоят друг от друга.

Форм. 11, стр. 166; коэффициенты самоиндукции отдельных слоев вычисляются согласно (4) и (5); коэффициенты взаимной индукции попарно взятых слоев $M = K \sqrt{L_n \cdot L_{n+1}}$, где L_n и L_{n+1} коэффициенты самоиндукции соответствующих слоев. K по черт. 8 (стр. 171), причем вместо D_n/D_{n+1} читать $\sqrt{\frac{a_n \cdot b_n}{a_{n+1} \cdot b_{n+1}}}$.

Напр.: трехслойная катушка прямоугольного сечения. Размеры поперечных сечений барабана = 130.90 мм²; 160.110 мм²; 190.130 мм²; длина катушки = 25 мм, число витков в каждом слое = 21, диаметр изолированного проводника = 1 мм.

$h = 0,118$ см, $k_1 = 0,33$; $L = 654500$ см [708000 см].

Второй случай.

Отдельные слои плотно обхватывают друг друга. Число слоев значительно.

$$L = \frac{4 \pi k a_0 b_0 N^2 m^2}{l + \lambda},$$

где $a_0 = \frac{1}{2} (a_1 + a_n)$, $b_0 = \frac{1}{2} (b_1 + b_n)$, причем a_1 и b_1 внутренние размеры поперечного сечения катушки, а a_n и b_n наружные размеры. k определяется по нижней кривой черт. 4, где читать на оси абсцисс вместо l/D величину $\frac{l}{\sqrt{a_0 b_0}}$. Например: катушка прямоугольного сечения.

Поперечное сечение внутренние размеры 53×53 мм², наружные 88×88 мм²; длина оси катушки = 11 мм; число слоев = 15; число витков в каждом слое = 10; диаметр изолированного проводника = 1 мм. $L = 1270000$ см. [1400000 см].

Третий случай.

Отдельные слои плотно обхватывают друг друга. Число слоев незначительно (λ мало). $L = m^2 L_0$, причем L_0 определяется согласно (4) или (5).

7. Цилиндрические спирали из трубчатых проводников.

$L = k_1 \pi^2 D^2 n^2 l$; $k_1 = \gamma k$; γ по черт. 7 (стр. 171), k по черт. 4 (стр. 162).

Пример. Диаметр барабана = 46 см; диаметр спирали = 44 см; число витков = $12\frac{1}{2}$; диаметр трубки наружный = 25 мм, полости = 20 мм.

$$L = 52500 \text{ см} [52000 \text{ см}].$$

8. Плоские спирали из сплошных или многожильных проводников.

L по форм. 13 (стр. 168), k по форм. $k = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} (1 - \frac{A}{4D_0})$ и черт. 3.

Пример. Плоская спираль из проволоки; внутренний диаметр = 57 мм; внешний = 218 мм; число витков = 56; диаметр изолированной проволоки = 1 мм.

$$L = 430000 \text{ см} [480000 \text{ см}].$$

9. Плоские спирали из трубчатых проводников.

$$L = k_1 \pi^2 D_0^2 n^2 l, k_1 = \gamma k, \gamma \text{ по черт. (7), } k \text{ по черт. (4).}$$

10. Плоские спирали из широких лент.

L по форм. 14 (стр. 169) и черт. 4, k определяется, как и в (8).

Пример. Радиус наименьший = 45 см, наибольший = 75 см, число витков = 5, сечение ленты 1,5 мм $\times$ 400 мм.

$$L = 20000 \text{ см} [21000 \text{ см}].$$

Москва.

Радиолaborатория Секции „Радио“

Май 1921 г.

Расчет некоторых случаев коэффициентов взаимной индукции.

Инж. Д. А. Виллера.

В статье „Расчет коэффициентов самоиндукции соленоидов и спиралей“ мы установили группы кривых для поправочного коэффициента k , входящего в формулы (см. стр. 158):

для коэффициента самоиндукции цилиндрических катушек

$$L = k \pi^2 D^2 n^2 l,$$

для коэффициента самоиндукции катушек прямоугольного сечения

$$L = k 4 \pi a \cdot b \cdot n^2 l.$$

Эти кривые можно использовать для быстрого и точного подсчета некоторых частных случаев коэффициентов взаимной индукции.

1. Цилиндрические соленоидальные катушки одинаковой длины и с одним и тем же шагом витков; одна катушка вложена в другую так, что оси совпадают по направлению и по длине (черт. 11, стр. 172).

Расчет коэффициентов связи для этого случая ведется по определению коэффициентов самоиндукции помощью чертежа 8 предыдущей статьи (стр. 171).

2. Соленоидальные катушки прямоугольного сечения одинаковой длины с одним и тем же шагом витков; одна катушка вложена в другую так, что оси совпадают по направлению и по длине (черт. 11, стр. 172). Коэффициент связи получается также из черт. 8.

3. Цилиндрические катушки (соленоидальные или спиральные) одинакового диаметра расположены вплотную одна на продолжении другой (черт. 12). Шаг витков у обеих катушек одинаков.

Обозначим через L_1 и L_2 коэффициенты самоиндукции этих катушек, а через M — коэффициент их взаимной индукции.

Предположим, что магнитные поля обеих катушек направлены в одну и ту же сторону. В таком случае мы вправе рассматривать две сложенные указанным образом катушки, как одну цельную катушку,

длина которой $l = l_1 + l_2$. Обозначим коэффициент самоиндукции этой воображаемой катушки через L .

Тогда, очевидно, будем иметь:

$$L = L_1 + L_2 + 2M = L_1 + L_2 + 2X\sqrt{L_1 L_2},$$

где $X = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ (коэффициент связи).

Заменим L , L_1 , L_2 их выражениями через соответствующие формулы с поправочными коэффициентами:

$$k \pi^2 D^2 n^2 l = (k_1 l_1 + k_2 l_2 + 2X \sqrt{k_1 l_1 k_2 l_2}) \pi^2 D^2 n^2,$$

где k , k_1 , k_2 — поправочные коэффициенты для длин l , l_1 , l_2 . Эти коэффициенты определяются по кривым черт. 4 (стр. 162) указанной выше статьи, как функции величин l/D , l_1/D , l_2/D и в зависимости от величины отношения h/D , где D — „средний“ диаметр катушки (диаметр сечения + диаметр изолированного проводника), а h — шаг витков.

Отсюда легко определяется коэффициент связи:

$$X = \frac{k l - k_1 l_1 - k_2 l_2}{2 \sqrt{k_1 l_1 k_2 l_2}}. \quad (1)$$

4. Соленоидальные или спиральные катушки прямоугольного сечения, расположенные вплотную и одна на продолжении другой. Размеры поперечного сечения и шаг витков у обеих катушек те же (черт. 12, стр. 172).

Для коэффициента связи получается то же выражение (1), что и в предыдущем случае. Коэффициенты k , k_1 и k_2 являются функциями отношений $l/\sqrt{ab}$, $l_1/\sqrt{ab}$, $l_2/\sqrt{ab}$, где a и b — „средние“ размеры поперечного сечения катушек.

5. Цилиндрические соленоидальные или спиральные катушки одинакового диаметра, расположенные на некотором расстоянии друг от друга и одна на продолжении другой (черт. 13). Шаг витков у обеих катушек одинаков.

Заполним все расстояние между заданными катушками некоторой воображаемой катушкой того же диаметра, так что все три катушки будут вплотную следовать одна за другой. Предположим, что магнитные поля всех трех катушек направлены в одну и ту же сторону.

В таком случае мы в праве представить себе, что рассматриваемые три катушки составляют отдельные части некоторой *одной* воображаемой катушки, длина которой

$$l = l_1 + D + l_2.$$

Обозначив через L_1, L_d, L_2 коэффициенты самоиндукции трех составляющих катушек, через $M_{1-d}, M_{d-2}, M_{1-2}$ соответствующие коэффициенты их взаимной индукции, через $X_{1-d}, X_{d-2}, X_{1-2}$ соответствующие коэффициенты связи, через L коэффициент самоиндукции всей воображаемой катушки.

Тогда будем иметь

$$L = L_1 + L_d + L_2 + 2 M_{1-d} + 2 M_{d-2} + 2 M_{1-2}$$

или

$$L = L_1 + L_d + L_2 + 2 X_{1-d} \sqrt{L_1 L_d} + 2 X_{d-2} \sqrt{L_d L_2} + 2 X_{1-2} \sqrt{L_1 L_2};$$

введем вместо L_1, L_d, L_2 их выражения через формулы с поправочными коэффициентами:

$$k_l \pi^2 D^2 n^2 l = (k_1 l_1 + k_d l_d + k_2 l_2 + 2 X_{1-d} \sqrt{k_1 l_1 k_d l_d} + \\ + 2 X_{d-2} \sqrt{k_d l_d k_2 l_2} + 2 X_{1-2} \sqrt{k_1 l_1 k_2 l_2}) \pi^2 D^2 n^2,$$

где k_l, k_1, k_d, k_2 — поправочные коэффициенты для соответствующих длин. Значения коэффициентов связи X_{1-d}, X_{d-2} мы уже можем определить по формуле (1).

Подставляя вместо X_{1-d} и X_{d-2} соответствующие величины и производя сокращения, получаем:

$$k_l (l_1 + D + l_2) = k_1 l_1 + k_d l_d + k_2 l_2 + k_{1+d} (l_1 + D) - k_1 l_1 - k_d l_d + \\ + k_{d+2} (D + l_2) - k_d l_d - k_2 l_2 + 2 X_{1-2} \sqrt{k_1 l_1 k_2 l_2},$$

где k_{1+d} и k_{d+2} — поправочные коэффициенты, соответствующие длинам $l_1 + D$ и $D + l_2$; отсюда:

$$X_{1-2} = \frac{k_l (l_1 + D + l_2) + k_d l_d - k_{1+d} (l_1 + D) - k_{d+2} (D + l_2)}{2 \sqrt{k_1 k_2 l_1 l_2}}. \quad (2)$$

6. Соленоидальные или спиральные катушки прямоугольного сечения, расположенные на некотором расстоянии друг от друга и одна на продолжении другой (черт. 13, стр. 173). Размеры сечения и шаг витков у обеих катушек одинаковый.

В этом случае получается то же выражение (2) для коэффициента связи.

Коэффициенты $k_l, k_1, k_2, k_{1+d}, k_{d+2}$ являются функциями отношений

$$\frac{l}{\sqrt{ab}}, \frac{l_1}{\sqrt{ab}}, \frac{D}{\sqrt{ab}}, \frac{l_2}{\sqrt{ab}}, \frac{l_1+D}{\sqrt{ab}}, \frac{D+l_2}{\sqrt{ab}}.$$

Измерения, произведенные для ряда случаев, подтвердили точность формул (1) и (2).

Москва,

Радиолaborатория Секции "Электросвязи"

Июль 1921 г.

Телефонирование по проводам высокого напряжения.

Н. Н. Луценко.

Доложено VIII-му Всероссийскому Электротехническому Съезду 6 октября 1921 года.

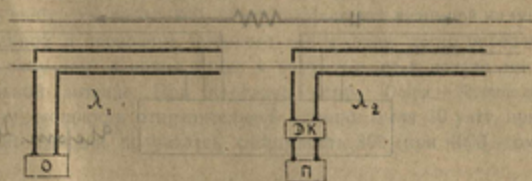
В истории радиотелеграфа последние годы являются не только годами всестороннего развития его как количественного, так и качественного, но имеют также и ту особенность, что методы, применяемые в этой области техники проникают в следующие области и вытесняют из них издавна принятые в них методы и навыки. В виде примера можно указать только на применение быстро-переменных токов для многократного телеграфирования и телефонирования по проводам, на усилители, на применение радиотелефона для маячной службы и ряд других случаев, в которых почти всегда применение радиотелеграфных методов обеспечивало дальнейшее развитие определенной области и подчас открывало совершенно новые горизонты. Нижеследующее и представляет один из примеров, иллюстрирующий вышесказанное.

Чрезвычайное развитие сетей высокого напряжения и линий электропередач, в связи с выяснившейся возможностью не только параллельной работы отдельных станций на общую сеть, но и совместного обслуживания целым рядом станций громадных районов, охватываемых общей сетью высокого напряжения, равно как и весьма сложный вопрос о распределении нагрузки между станциями на основе максимальной экономичности всего устройства, вызывающий необходимость в специальных „диспетчерских“ отделениях, заведывающих распределением нагрузки и связанных телефоном со всеми станциями и подстанциями района, — все это вместе взятое выдвинуло вопрос о надежной телефонной связи между отдельными точками сети в первую очередь. И если телефонный провод, натянутый на мачтах высокого напряжения, и удовлетворял сначала этой потребности в связи, то практика показала, что этот способ связи слишком мало надежен и неэкономичен, ввиду расхода на линию. Его малая надежность обуславливается во первых тем большим расстоянием между отдельными мачтами, которое делается в настоящее время (100—200 метров), а во вторых тем, что при порче линии, падении мачты и т. п. обычно рвется также и телефонный провод. Малая экономичность вызывается необходимостью прибегать к двойному проводу, с перекрещиванием его для уничтожения

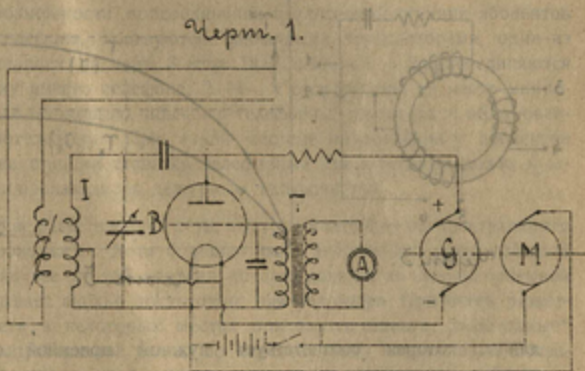
влияния индукции. Сказанное в равной мере относится и к установке линии не на мачтах высокого напряжения, а на особых столбах; если в этом случае надежность возрастает, то увеличивается и стоимость линии. Безусловно надежный способ — прокладка телефонного кабеля, неприменим вследствие его дороговизны, с другой стороны и пользование общей междугородной телефонной линией, хотя и дешево, но рискованно, так как в нужный момент линия может оказаться занятой. Таким образом из всех перечисленных способов ни один не отвечает в полной мере тем условиям, которым он должен удовлетворять.

В последние годы в Германии разработан и применяется отличный от предыдущих способ телефонной связи различных точек областной сети, который заключается в телефонировании токами большой частоты непосредственно по проводам высокого напряжения. Для осуществления такого телефонирования в тех точках сети, которые желательно связать между собою, на расстоянии 1—1½ метров от проводов высокого напряжения и параллельно им (черт. 1 стр. 181), подвешиваются по две антенны, с горизонтальной частью около 100 метров (от мачты до мачты). Одна из антенн служит отправительной, вторая приемной. Каждая приемная антенна всегда настроена на одну и ту же длину волны, специфическую для каждого пункта, отправительная же антенна может быть настроена на любую из приемных волн корреспондирующих пунктов и, таким образом, может вызвать любую из приемных станций. Для уничтожения действия отправительной антенны на собственную приемную приходится прибегать к значительной разнице в длинах волн, а, кроме того, применять т. наз. „дроссельную цепь“ (DK на черт. 1), включенную в приемную антенну и служащую настроенным шунтом для приемной схемы.

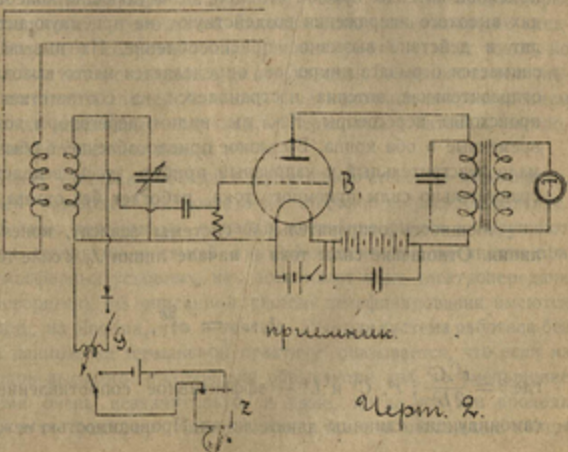
Принципиальная схема такой установки представлена на черт. 2. Слева отправительная, справа приемная. Отправительная схема представляет обычную схему возбуждения незатухающих колебаний помощью триода; *G* — источник энергии — маломощная машина постоянного тока на 600 вольт; *M* — приводящий ее в действие мотор; *A* — микрофон, включенный через трансформатор *T* в сетку триода *B*. Приемник также обычного типа, с ламповым детектором. Обращает внимание вызывное приспособление, также обычного типа, с гальванометром *G*, подвижная система которого обладает большим моментом инерции и, после длительного сигнала, стрелкой замыкает звонковую цепь. В действительности схема несколько усложнена вследствие необходимости получить полную автоматичность действия установки. Микрофон и телефон соединены в микротелефон, висящий на рычаге обычного вида; при этом все батареи разомкнуты, а в приемнике включена вызывная цепь. При снятии микрофона с крючка последняя цепь выключается, обе батареи накала, равно как и мотор *M* включаются, генератор *G* начинает работать, и отправитель по проводам волны такой



черт. 1.

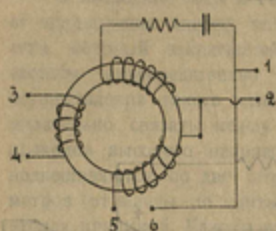
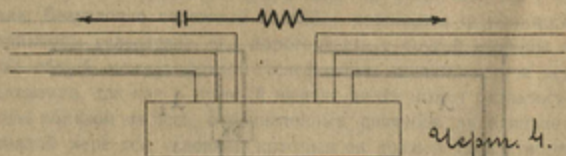


отправ. место.

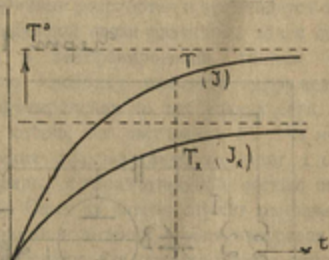


приемник.

черт. 2.



черт. 3.



черт. 5.

длины, которая соответствует нужной приемной станции. Настройка отправителя на разные длины волн производится особым коммутатором, по типу напоминающим обычные телефонные. Дойдя до приемной антенны нужной станции, незатухающие колебания в проводах высокого напряжения воздействуют на приемную антенну и приводят в действие вызывное приспособление. На вызываемой станции снимается с рычага микрофон, определяется место вызова, после чего отправительная антенна настраивается на соответствующую волну и происходят переговоры. Как мы видим, переговоры возможны одновременно в оба конца. Вызывное приспособление, в обычных условиях мало чувствительный и капризный прибор, здесь, вследствие большой сравнительно силы приемного тока, работает без отказа.

Мощность отправительной системы зависит, конечно, от длины линии. Отношение силы тока в начале линии J_0 к силе тока в конце J_x

$$J_0 : J_x = e^{\beta l},$$

где $\beta = \frac{r^1 C^1}{2L^1}$; r^1 , C^1 и L^1 — эффективное сопротивление, емкость и самоиндукция единицы длины линии. Проводимостью между проводами

можно пренебрегать, ввиду хорошей изоляции от земли и друг от друга проводов высокого напряжения. Для большей надежности действия в приемной антенне задаются более высокой слышимостью, чем обычно; ее выбирают около 800; зная коэффициент взаимной индукции между антенной и проводами высокого напряжения, легко определить требуемую силу тока в конце линии и высчитать ее в начале линии и отправительной антенне. При передаче, напр., Golpa — Rummelsburg ($\lambda = 135$ км), мощность отправительной станции была 10 уатт, причем на приемной станции получалась слышимость 800 (при 4000 — omnium телефоне).

Для возможности присоединения к описанной станции абонентов обычного телефона, пользуются различными трансляторами, один из коих представлен на черт. 3 (стр. 182); зажимы 1 — 2 присоединяются к приемнику вместо телефона, 3—4 — к отправителю на место микрофона, а 5—6 — помощью обычных телефонных проводов к обыкновенному микро телефону. При такой системе манипуляции у абонентов обычные, на станции ставится телефонный коммутатор и вызов нужной станции производится дежурным телефонистом.

В случае разветвленной сети, быстрые колебания распространяются по всем проводам ее. Хотя большая часть энергии при этом пропадает напрасно, но все же той энергии, которая доходит до нужной приемной станции, бывает вполне достаточно для разговора. При очень разветвленной сети в некоторых местах приходится ставить „переходные“ антенны, направляющие волны по определенному направлению. Обязательно приходится ставить такие антенны на трансформаторных подстанциях, где воздушная линия одного напряжения переходит в воздушную линию другого напряжения (черт. 4). Трансформаторы, правда, вследствие значительной емкости между обмотками, не представляют большого сопротивления для быстро-переменных токов, но дроссельные катушки, ставящиеся на подстанциях, состоящие из нескольких слоев витков, являются большим индукционным сопротивлением и для их обхода необходимо устраивать „переходные“ антенны, настроенные на соответственные длины волн.

Описанная установка обладает достаточной степенью надежности, позволяющей надеяться на достаточно широкое ее распространение. В то время, как телефонные провода постоянно рвутся и нарушают связь между станциями в самый нужный момент (в особенности при русских атмосферных условиях, как показывает опыт электропередачи Москва—Богородск), об описанной системе телефонирования имеются отзывы, напр., из Японии, что в течение 1½ года система работала без отказа. По данным же германской практики оказывается, что если из трех проводов высокого напряжения обрываются два, то уменьшение силы приема очень незначительно, и даже, когда все три провода рвутся, то и то разговор еще возможен, так как свисающие концы

проводов индуктируют в соседних обрывках ток достаточной силы. Другое преимущество такой системы телефонирования состоит в возможности телефонировать с любого места линии, устанавливая временную антенну; это совершенно невозможно, если телефонные провода натянута на мачтах высокого напряжения.

Что касается до выгодности описанного способа, то при этом необходимо принять во внимание, что вследствие отсутствия телефонной линии отпадает расход на ее оборудование и последующие обслуживание и ремонт, но зато стоимость аппаратуры для беспроводного телефонирования значительно дороже обыкновенной телефонной установки, точно также добавочным расходом ложится возобновление ламп. Поэтому очевидно, что при коротких линиях выгоднее иметь обычную телефонную связь, несмотря на ее недостатки; при более же длинных линиях или разветвленных сетях выгоднее вышеописанная система. По германским данным 1920 года при длине линий более 20 км уже выгоднее применять телефонирование по проводам высокого напряжения.

В связи с предстоящей электрификацией страны, было бы весьма желательным испытать действие описанной системы на уже существующих электропередачах и выяснить возможность и степень ее применения в наших условиях.

Сергиев Посад,

Военная Электро-Академия.

10. X. 21.

Определение сопротивления при токе большой частоты.

Н. Н. Луценко.

Для определения сопротивления проводников при быстропеременных токах чаще других применяют два метода: калориметрический и добавочного сопротивления. Для измерения по первому способу требуются два одинаковых калориметра и дифференциальный термометр (или два одинаковых термометра) (см. Austin, J. d. d. T, VIII, 1914, 159 и Black, A. d. Ph, 19, 1906, 157). В один из калометров помещают исследуемое сопротивление r_x , в другой — эталонное сопротивление r_N ; через первое сопротивление пропускают ток большой частоты J_x , через второе постоянный ток J_N . Добившись установления температуры в первом калориметре, изменяют силу постоянного тока до тех пор, пока и во втором калориметре не установится такая же температура; тогда

$$J_x^2 \cdot r_x = J_N^2 \cdot r_N,$$

откуда легко определить и r_x .

Принцип второго метода (подробно исследованного Loewe, J. d. d. T, VII, 1913, 366) заключается в том, что определяют два раза декремент затухания какого-либо колебательного контура: один раз без добавочного сопротивления, второй раз включая его, и по этим данным находят искомое сопротивление; метод этот общеизвестен и мы на нем не останавливаемся.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства, но обладает и существенными недостатками: первый — слишком сложен и измерение кропотливо и продолжительно, второй, хотя несравненно проще, но требует совершенно безиндукционного сопротивления, величина которого должна быть точно известна для разных частот тока.

Ниже автором предлагается новый метод, который, как кажется, заслуживает некоторого внимания по своей простоте и возможности обойтись без специальных приборов, что особенно существенно в настоящих условиях.

Нагревание проводника, по которому протекает ток, следует определенному закону и стационарная температура проводника уста-

наваливается тогда, когда в единицу времени он отдает окружающей среде столько же тепла, сколько получает в виде тепла Джоуля. Пусть $Q = 0,24 I^2 r$ количество тепла, полученное проводником в секунду, m — масса проводника, c — его удельная теплоемкость, F — поверхность, a — коэффициент теплоотдачи в окружающую среду, т. е. количество тепла, отдаваемое с 1 кв. см поверхности проводника при разности температур в 1°C . Составляя уравнение теплового баланса, получаем:

$$Q \cdot dt = c \cdot m \cdot dT^0 + a \cdot F \cdot T^0 dt;$$

левая часть представляет здесь тепло, полученное проводником за время dt , первый член правой части — тепло, оставшееся за это время в проводнике и повысившее его температуру на dT^0 , и второй член — тепло, отданное за то же время в окружающую среду; T^0 — есть перегрев (превышение температуры) проводника по сравнению с окружающей средой. Из этого уравнения легко получить:

$$Q = c m \cdot \frac{dT^0}{dt} + a F \cdot T^0 \text{ или } c \cdot m \cdot \frac{dT^0}{dt} + a F T^0 = Q.$$

Интегрируем полученное уравнение:

$$T^0 = C \cdot e^{kt} + \frac{Q}{aF},$$

где C и k — постоянные, а e — основание натуральных логарифмов. При начале нагревания ($t = 0$), $T^0 = 0$, поэтому $C = -\frac{Q}{aF}$; постоянную k легко определить, поставив значения T^0 и $\frac{dT^0}{dt}$ в основное уравнение:

$$k = -\frac{aF}{c \cdot m}.$$

Таким образом:

$$T^0 = \frac{Q}{aF} \left[1 - e^{-\frac{aF}{cm} \cdot t} \right] = \frac{0,24 I^2 \cdot r}{aF} \left[1 - e^{-\frac{aF}{cm} \cdot t} \right] = M \cdot I^2 \cdot r \left[1 - e^{-Nt} \right].$$

Это известное уравнение кривой нагревания, изображенной на (черт. 5 стр. 182).

Величины M и N являются величинами постоянными, зависящими только от физических свойств самого проводника (но не от его сопро-

тивления), его размеров и формы и окружающих условий; поэтому, если через проводник будет протекать постоянный ток I , то уравнение кривой нагревания будет

$$T^0 = M \cdot I^2 r [1 - e^{-Nt}],$$

а если через него будет протекать ток большой частоты (или вообще переменный) I_x , то уравнение это напишется след. обр.:

$$T_x^0 = M \cdot I_x^2 \cdot r_x [1 - e^{-Nt}];$$

здесь r — сопротивление проводника постоянному току, а r_x — переменному. В действительности в начале нагревания током большой частоты закон нагревания будет несколько иной, чем при постоянном токе, так как в последнем случае проводник нагревается по всему сечению, а в первом — по периферии; но так как коэффициент теплопроводности металлов весьма велик, то с достаточной степенью точности можно считать, что температура всего сечения проводника одна и та же и в случае нагревания его переменным током. Если теперь для одинакового промежутка времени t найти перегревы проводника T^0 и T_x^0 , то на основании предыдущих равенств можно написать

$$T^0 : T_x^0 = (I^2 \cdot r) : (I_x^2 \cdot r_x),$$

откуда определяется

$$r_x = r \cdot \frac{I^2 \cdot T_x^0}{I_x^2 \cdot T^0}.$$

Температуру проводника можно легко определить одним из применяемых для этого способов, а удобнее по изменению сопротивления его, помощью мостиков Уитстона или Томсона. Нет также никакой необходимости строить кривую нагревания, достаточно найти температуру проводника и определить его перегрев через определенное время t .

Из сказанного выше вытекает следующий способ измерения: через исследуемый проводник пропускают постоянный ток и через некоторое время определяют тем или иным способом превышение его температуры над окружающей средой — T^0 , затем дают проводнику охладиться до начальной температуры и, ничего не изменяя, пропускают через него переменный ток большой частоты I_x ; через то же время, как и раньше, отмечают превышение температуры T_x^0 в этом случае, после чего на-

ходят по данной выше формуле искомое сопротивление. Если выбрать силы тока так, чтобы $I_x = I$, то предыдущая формула упрощается и обращается в следующую

$$r_x = r \cdot \frac{T_x}{T}.$$

На основании сказанного выше о неодинаковом начальном протекании кривых нагревания, необходимо делать отсчет не слишком скоро после начала опыта, а лучше за перегибом кривой нагревания, т. е. в обычных условиях минут через 15—20 после начала опыта, в особенности, когда исследуемый проводник сравнительно большого сечения. Для повышения точности желательно брать ток сравнительно большой силы, чтобы перегрев проводника был бы значителен, разница температур в $40^\circ - 50^\circ \text{C}$ вполне допустима для любой изоляции.

Сергиев Посад,

Военная Электро-Академия.

Генератор—трансформатор токов высокой частоты.

Н. М. Обухова.

(Окончание со стр. 62).

На черт. 10—13 (стр. 191) представлено видоизменение прибора, характерной особенностью которого является сосредоточение обмоток возбуждения O и O^1 в двух широких расположенных диаметрально друг против друга канавках M и M^1 статора. Обмотка возбуждения сосредоточена в катушке O , коей витки параллельны диаметральной плоскости $D D^1$ прибора. Первоначальная форма катушки изображена на черт. 12 (стр. 191). После помещения такой катушки в канавку M и M^1 , ее края Z и Z^1 отгибаются к железу статора так, как это изображено на черт. 13 (стр. 191) сплошными линиями или так, как указано там же пунктирными линиями (см. также черт. 10 и 11, стр. 191). Вместо двух катушек можно применять, как показано на черт. 11, одну катушку O , общую для обоих статоров S и S^1 прибора. Ток, проходящий по обмотке такой катушки, создает магнитное поле, линии сил которого нанесены на черт. 10 сплошными и пунктирными стрелками; в обмотке этой катушки может циркулировать, безразлично, постоянный или переменный ток.

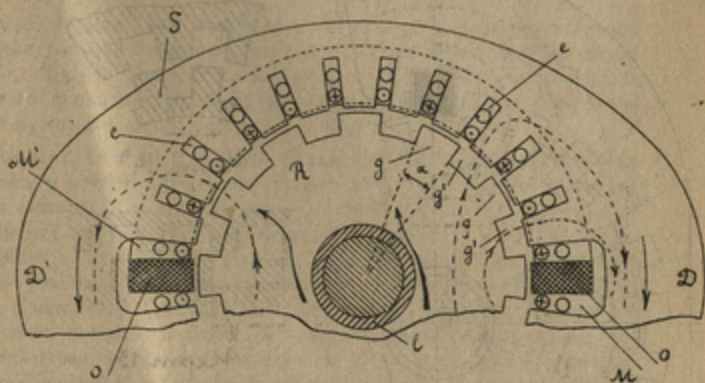
Так как магнитный поток, пронизывающий статор, достигает наибольшей величины в диаметральной плоскости $D D^1$ и наименьшей в плоскости, перпендикулярной к этой диаметральной плоскости, и растет от последней к первой, то для сбережения железа выгодно придать статору профиль удлиненной фигуры с наибольшей осью в плоскости катушки O . Так как полный период пульсации магнитной проводимости для обмоток 1, 2 и т. д. соответствует повороту ротора на угол 2α (двойная угловая ширина зубца), то для осуществления противоположности фаз пульсации магнитной проводимости в обоих половинах прибора, зубцы g одной должны быть смещены относительно зубцов g^1 другой на угол α . Вал ротора магнитно изолируется при помощи втулки 1 из немагнитного материала (алюминия, бронзы, меди), чтобы предотвратить проникание в этот вал магнитных потоков высокой частоты. Точно также должен быть изолирован магнитно и статор от сплошных масс железа, чугуна и стали. Во всем остальном прибор, представленный на черт. 10—13, подобно конструкции, изображенной на черт.

3 (стр. 49), снабжен схемой соединения обмоток по черт. 8, 8а и 9 (стр. 59 и 60). Выгода конструкции, изображенной на черт. 10 и 11, та, что обмотка возбуждения или O, O^1 получает большое развитие и объем, ибо не стеснена узкими размерами канавок e , в которых к тому же, освобождается место для других обмоток 1, 1¹, 2, 2¹ и т. д., так что и эти последние могут получить большее развитие и более значительный объем. Все это приводит при данных размерах к повышению мощности динамо-умножителя частоты переменного тока.

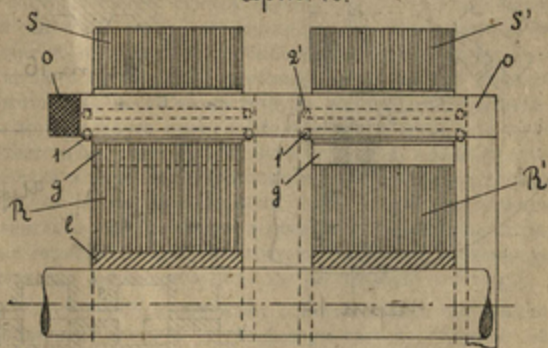
Черт. 14 и 14а (стр. 192) изображают другую конструкцию половины динамо-умножителя частоты, причем и ротор R , и статор S зубчатые, и число зубцов и их размеры, а также и размеры впадин между ними одинаковы на том и другом. Дальнейшая особенность заключается в том, что все обмотки 0, 1, 2, 3... статора сосредоточены в диаметральной плоскости $D D^1$ или по соседству с ней, т. е. расположены так, как обмотка возбуждения O, O^1 в предыдущей конструкции.

При том взаимном положении зубцов ротора и статора, которое показано на черт. 14, получается максимум магнитной проводимости, а при положении, изображенном на черт. 14а, — ее минимум. Полный период пульсации этой проводимости соответствует повороту на шаг зубца, т. е. на угол 2α , а потому для осуществления противоположности фаз этой пульсации в половинах A и B прибора зубцы ротора или статора одной половины должны быть смещены относительно зубцов тех же частей другой половины на угол α . В изображенной конструкции предположены смещенными на угол α зубцы ротора, тогда как зубцы статора занимают одинаковое положение.

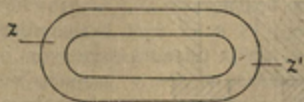
Выгоды этой конструкции заключаются: 1) в том, что все обмотки сосредоточены в диаметральной плоскости $D D^1$ или по соседству с ней, что дает возможность дать всем обмоткам большее развитие и больший объем, а следовательно, и повысить мощность прибора при одинаковых размерах; и 2) в том, что при одинаковой линейной скорости какой-либо точки на окружности ротора, возможно осуществить большую первичную, а следовательно и соответственно большую конечную повышенную частоту. Последнее возможно потому, что при этой конструкции можно осуществить наименьшую величину шага зубца, т. е. при данной скорости v на окружности — наибольшую первичную частоту f . В конструкциях же, подобных изображенным на черт. 3 (стр. 49) и 10 (стр. 191), в которых обмотки помещаются в канавках e , расположенных по окружности статора, величина шага зубца должна обеспечивать также и достаточную ширину этих канавок для помещения в них нужного количества обмоток и достаточную ширину железа между ними. Все эти соображения конструктивного свойства отпадают в приборе на черт. 14 и 14а, а потому ширина зубца и величина его шага могут быть доведены до механически допустимого и технически выполняемого минимума.



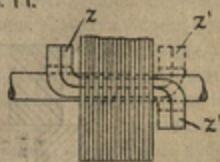
черт. 10.



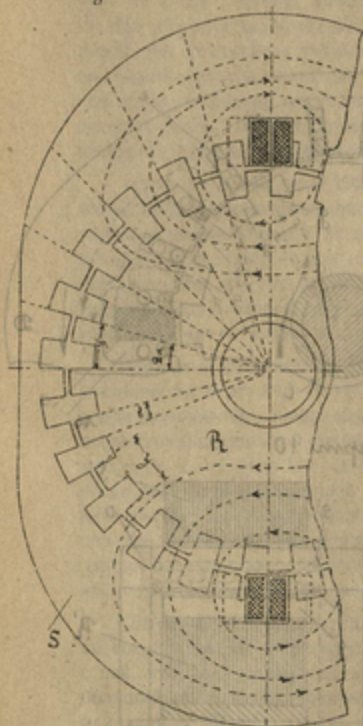
черт. 11.



черт. 12.



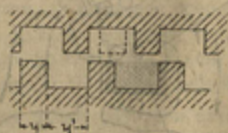
черт. 13.



черт. 14.



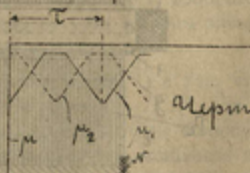
черт. 14^a.



черт. 15.



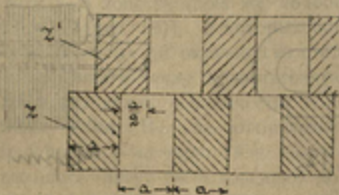
черт. 16.



черт. 17.



черт. 18.



черт. 19.

Порождения или усиления высших гармоник возможно достигнуть также путем придания зубцам ротора или статора соответствующей формы (черт. 16, стр. 192) или путем установления определенного соотношения между шириной зубца и шириной впадины между зубцами (черт. 15, стр. 192).

Черт. 17 (стр. 192) изображает закон изменения во времени при вращении ротора магнитной проводимости для зубца, изображенного на черт. 15 и 16, причем сплошная линия μ_1 дает закон изменения магнитной проводимости в одной половине, а вместе с пунктирной линией μ_2 тот же закон в другой половине прибора.

На черт. 18 и 19 (стр. 192) показаны поперечное и продольное (по линии у у черт. 18) сечения зубцов ступенчатой формы на роторе или на статоре. Ступень Z^1 зубца сдвинута относительно ступени Z на величину, соответствующую четверти периода, т. е. в изображенном примере на половину ширины зубца или впадины. На черт. 20 (стр. 197) линия μ_1 изображает изменение во времени при вращении ротора магнитной проводимости для магнитного потока, идущего через ступень Z зубца, и линия μ_2 — то же изменение для потока, направляющегося через вторую ступень Z^1 того же зубца. При этих условиях линией μ_3 изобразится изменение результирующей магнитной проводимости, которая будет суммой первых двух проводимостей. Если магнитный поток NS (черт. 18) порожден постоянным током, то линия μ_3 изобразит во времени эдс в обмотке статора, индуцируемую пульсацией магнитного потока NS . Эта линия ϵ , в которой отрицательная и положительная части соответствуют каждая четверти периода и отделены друг от друга промежутком также в четверть периода, вполне соответствуют линии μ_3 магнитного потока, в которой промежутки уменьшения и увеличения потока (каждый в четверть периода) отделены друг от друга промежутками также в четверть периода постоянства магнитного потока. Линия ϵ содержит в себе ясно выраженные нечетные гармоники, особенно третью. Выделяя и усиливая ее посредством резонанса, можно получить эдс увеличенной частоты.

Черт. 22 и 23 (стр. 197) изображают развитие только что указанного приема умножения частоты в трехфазную систему, причем на черт. 23 изображено поперечное сечение зубцов ротора или статора, а на черт. 22 (как и на черт. 19) — продольное сечение цилиндрической поверхности, коей ось совпадает с осью ротора. Согласно трем фазам имеются три группы 1, 2, 3 ступеней зубцов, из которых каждая устроена соответственно черт. 18 и 19. Группы 1, 2, 3 сдвинуты последовательно друг относительно друга на величину соответствующую одной трети периода, т. е. на величину $2a:3$, где $2a$ — продвижение ротора, соответствующее периоду τ . При таком устройстве зубцов статора или ротора электродвижущие силы основного периода в обмотке статора, по законам трехфазной системы, уравниваются взаимно

и дадут в сумме 0, а гармоники, коих порядок кратен 3, арифметически сложатся. Так как третья гармоника выражена резче других, то в обмотке статора получится главным образом эдс тройной частоты.

Только что описанный способ утроения частоты применим не только к пластинчатым конструкциям ротора и статора, но и к таким индукторным генераторам, в которых ротор или статор состоит из сплошного массивного железа, чугуна или стали.

Т Е З И С Ы.

1. Генератор—умножитель частоты переменного тока характеризуется совокупным применением: а) двух первичных обмоток $1, 1^1$ и двух относящихся к ним вторичных обмоток $2, 2^1$, соединенных между собой так, что посылаемый в эти обмотки или возбужденный в них посредством пульсации магнитных потоков электрический ток проходит по первичным обмоткам во взаимно противоположном, а по вторичным обмоткам в одинаковом направлении или, наоборот, по первичным обмоткам в одинаковом направлении, а по вторичным обмоткам в противоположном направлении; б) двух независимых друг от друга магнитных цепей A и B , которые пронизывают каждая свою систему, $1, 2$ и соотв. $1^1, 2^1$, первичных и вторичных обмоток и которых магнитная проводимость пульсирует с некоторой определенной частотой так, что фазы этой пульсации в обоих цепях противоположны друг другу; и в) включенного в цепь вторичных обмоток конденсатора C , настроенного под резонанс любой из гармоник, коих амплитуды складываются.

2. Форма выполнения охарактеризованного в тезисе 1 прибора отличается тем, что пластинчатые ротор и статор состоят каждый из двух половин, R и R^1 и соотв. S и S^1 ; системы обмоток $1, 2$ и $1^1, 2^1$ расположены на статоре (или роторе), а ротор (или статор) сделан зубчатым для получения пульсации магнитной проводимости; взаимное положение зубцов обеих половин ротора или взаимное положение обмоток обеих половин статора таковы, что фазы пульсации магнитной проводимости магнитных цепей, пронизывающих обмотки в обеих половинах прибора, взаимно противоположны (черт. 2, стр. 49).

3. Форма выполнения охарактеризованного в тез. 1 или 2 прибора отличается тем, что в каждой из двух половин статора находится две или более обмоток, соединенных каждая с парной обмоткой другой части, образуя общую группу с двумя свободными концами. Порядок соединения концов парных обмоток чередуется так, что, если в одной паре обмоток пропущенный через нее или возбужденный в ней ток проходит по виткам обеих составляющих обмоток в одном направлении (например по часовой стрелке), то в следующей

группе направления тока в составляющих ее парных обмотках взаимно противоположные (в одной по часовой стрелке, а в другой против); одна из таких групп обмоток соединяется с источником постоянного или переменного тока, а остальные соединяются с соответствующими группами конденсаторов и реактивных катушек для получения резонанса индуктированных в них эдс последовательно повышаемых частот; первая группа обмоток с питающими постоянным или переменным током также может быть соединена с конденсатором и реактивной катушкой подобно остальным группам для получения резонанса эдс высшей частоты при условии применения дроссельных катушек между источником питающего тока и упомянутой группой обмоток.

4. Видоизменение охарактеризованного в тезисах 1—4 прибора отличается тем, что вместо включения в цепь групп парных обмоток с индуктированными эдс повышенной частоты, конденсатора и катушки самоиндукции, некоторые определенные из этих групп обмоток замыкаются на короткое в видах повышения коэффициента умножения частоты (черт. 3—8, стр. 49, 50, 59 и 60).

5. Форма выполнения охарактеризованного в т. т. 1—4 прибора отличается тем, что, с целью умножения частоты в несколько приемов ступенями без применения к одним и тем же группам обмоток одновременного двойного или многостепенного резонанса, отдельные приборы по т. 2 или 3, сидящие на общем или на разных валах, связаны между собой каскадными соединениями обмоток; зубцы ротора одного прибора сдвинуты относительно зубцов ротора другого прибора на определенный угол или этот сдвиг осуществлен в системе обмоток на статоре одного прибора относительно такой же системы обмоток на статоре другого (черт. 9, стр. 60).

6. Форма выполнения охарактеризованного в т. т. 1—4 прибора отличается применением зубчатого ротора в связи со статором, имеющим в канавках e обмотки O , O^1 , по которым циркулирует постоянный ток или переменный ток первичной частоты, и обмотки 1 , 1^1 , 2 , 2^1 ..., в которых индуктируется ток повышенной частоты и притом так, что в группах 1 , 1^1 эдс первичной частоты взаимно уравновешиваются, а в группах 2 , 2^1 ... арифметически складываются, дабы путем применения метода резонанса или короткого замыкания заставить их действовать вновь на группы O , O^1 и 1 , 1^1 с целью получения переменных токов повышенной частоты (черт. 3—5, стр. 49 и 50), которые в свою очередь усиливаются включением конденсатора и реактивной катушки для получения резонанса.

7. Форма выполнения охарактеризованного в т. т. 4—6 прибора отличается тем, что обмотки возбуждения O , O^1 расположены в двух широких и лежащих диаметрально друг против друга канавках

M и M^1 статора, тогда как обмотки 1, 1¹, 2, 2¹ — расположены в определенных по окружности статора канавках e (черт. 10, стр. 191).

8. Форма выполнения охарактеризованного в т.т. 4—6 или 7 прибора отличается тем, что все обмотки 0, 1, 2, 3... статора сосредоточены в одной диаметральной плоскости или по соседству с ней, причем как статор, так и ротор — зубчатые (черт. 14, 14а, стр. 192).

9. Форма выполнения охарактеризованного в предыдущих пунктах прибора отличается тем, что высшие гармоники тока усиливаются или порождаются исключительно путем придания зубцам ротора или статора соответствующей формы, или путем установления определенного соотношения между шириной зуба и шириной впадины между зубцами (черт. 15 стр. 192), или же путем придания зубцам ступенчатой формы (черт. 18, 19 стр. 192).

10. Форма выполнения охарактеризованного в т. 9 прибора отличается тем, что зубцы ротора или статора составлены из частей сдвинутых друг относительно друга на четверть периода (черт. 18, 19, 20, 21 стр. 192 и 197).

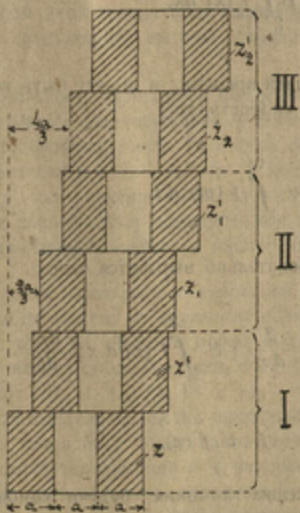
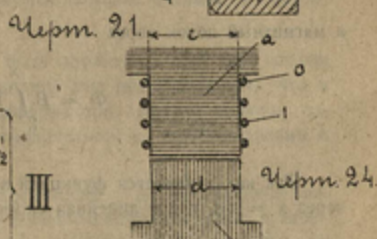
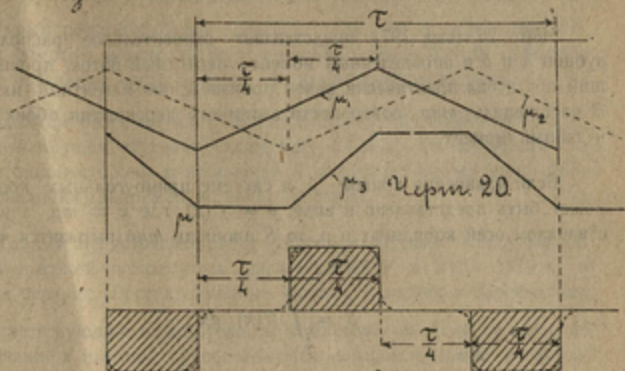
11. Форма выполнения охарактеризованного в т. 10 прибора для умножения частоты переменного тока отличается применением трех групп, 1, 2, 3, двуступенчатых зубцов, смещенных друг относительно друга так, чтобы эдс основного периода в обмотке статора взаимно уравновешивались, а гармоники, коих порядок кратен 3, арифметически складывались.

В заключение остается обратить внимание на возможность дальнейшего развития некоторых из этих общих положений, напр. тез. 9.

Черт. 24 (стр. 197) представляет поперечное сечение одной пары зубцов ротора и статора плоскостью перпендикулярной к оси вала ротора, а черт. 25 (стр. 197) изображает сечение одного из этих зубцов круговой цилиндрической поверхностью одноосной с валом. На этих чертежах a обозначает зубец статора (или ротора), b обозначает зубец ротора (или статора), O обозначает намагничивающую обмотку, 1 обозначает первичную обмотку, в которой индуктируется первичная электродвижущая сила.

Две обмотки O и I могут или охватывать зубцы a статора или быть сосредоточенными в широких и глубоких канавках согласно предшествующим описаниям. Один из двух зубцов, или зубец ротора, или зубец статора, имеет особую форму, представленную на черт. 25 кривой y , ограничивающей сечение зуба, тогда как другой зубец обладает соответствующим прямоугольным сечением, ширина которого равна максимальной ширине первого зуба. Если в намагничивающей обмотке O циркулирует постоянный ток, кривая эдс индуктируемой в первичной обмотке I практически одинакова с кривой y . Следовательно

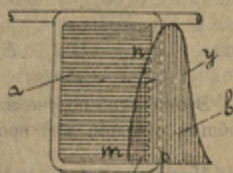
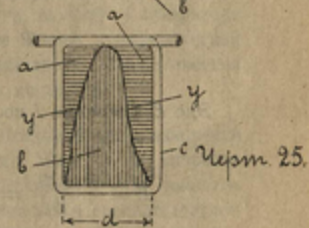
Ж. Осыров.



черт. 22.



черт. 23.



с черт. 26.

но можно получить заданную высшую гармонику, придавая зубцу такую форму, чтобы эта гармоника содержалась в кривой y .

Черт. 26 (стр. 197) представляет относительное расположение зубцов a и b в определенный момент. Магнитный поток, пронизывающий оба зубца, практически равен произведению магнитной индукции B на площадь mnp поверхности взаимного перекрытия обоих зубцов в данный момент.

Если уравнение кривой y в системе прямоугольных координат может быть представлено в виде: $y = f(x)$, где $x = mp$, а $y = np$, с началом осей координат в p , то S площадь mnp выразится через

$$S = \int_0^x f(x) dx,$$

а магнитный поток через

$$\Phi = B \int_0^x f(x) dx.$$

Так как x является функцией времени, и может быть выражено через $x = vt$, где v линейная скорость, то

$$\Phi = Bv \int_0^{vt} f(vt) dt.$$

ЭДС E в обмотке I последовательно выразится через

$$E = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d}{dx} \left[B \int_0^x f(x) dx \right] \frac{dx}{dt}$$

и

$$E = - B \cdot v \cdot f'(x).$$

Этот способ получения высших гармоник, будучи комбинируван с общим методом, дает происхождение разнообразным вариантам.

Например зубцам b (черт. 24, 25, 26) в половине A генератора умножителя высокой частоты можно придать такую форму, что кривая y будет подобна соответствующей кривой в другой половине B

генератора с тем только различием, что заданные гармоники будут входить в обе кривые с противоположными знаками (фазами).

Конечный результат будет состоять в том, что в группе соответствующих обмоток амплитуды этих гармоник арифметически сложатся, тогда как остальные части кривых эдс взаимно уравновесятся.

К машинам более крупного размера можно применить конструкцию, отличающуюся от конструкции черт. 14 тем, что первичная обмотка I с одной стороны и вторичная II с другой сосредоточены каждая в нескольких (например, в двух) катушках.

Описанный в настоящей работе способ генерации незатухающих колебаний высокой частоты был заявлен автором в 1917—1918 г. в различных странах (Россия, Америка, Англия, Франция и Швейцария).

Соответствующие охранительные свидетельства были выданы, но опубликование в научной прессе делается автором впервые в настоящей работе.

Каждая новая система должна быть оправдана теми или иными преимуществами перед прежними типами; мне представляется, что в предложенном мной генераторе-трансформаторе высокой частоты заключаются следующие выгоды сравнительно с другими типами и системами:

1. Возможность уменьшать полюсный шаг u до минимальных размеров, диктуемых исключительно технической выполнимостью и механической прочностью, (черт. 14 и 14а), совершенно эмансипируясь от условий изоляции и величины эдс и мощности; поэтому в генераторе реализуется или максимальная частота при данной периферической скорости и данной эдс и мощности, или минимальная периферическая скорость при данной частоте и данной эдс и мощности.

2. Условия изоляции и образования необходимой эдс и мощности совершенно не зависят от величины полюсного шага u и скорости вследствие того, что обмотка может быть выполнена в виде немногих отдельных неподвижных катушек, сосредоточенных в специальных канавках (черт. 10, 11, 12, 13, 14 и 14а). Поэтому, как бы мал ни был шаг u , и следовательно как бы высока ни была первоначальная частота, условия изоляции и образования необходимой величины эдс и мощности остаются теми же как и в машинах и трансформаторах низкой частоты и, следовательно, возможна постройка генератора-трансформатора описанной системы сразу на высокое напряжение.

3. Генератор заключает в себе трансформатор напряжения и частоты с первичной и вторичной обмоткой, которые к тому же выполняются в виде немногих отдельных неподвижных катушек подобно об-

мотке обычного трансформатора. Поэтому нет надобности в особом трансформаторе и возможно питать антенну непосредственно от генератора, осуществляя в этом последнем и необходимое высокое напряжение и нужную частоту.

4. Возможна шаблонная обмотка со всеми присущими ей преимуществами и выгодами ввиду возможности осуществлять обмотку в форме немногих отдельных катушек, закладываемых в специальные канавки (черт. 14).

Иркутск,

Государственный Университет.

Степень точности радиокompасных измерений.¹⁾

Б. Ильина и П. Кузьмичева.

Направленная радиотелеграфия пользуется установками типа Беллини-Този или типа радиокompасных станций²⁾.

Одной из основных задач практического пеленгования является установление степени точности и повышение чувствительности. В настоящей работе нами приводятся результаты измерений в этом направлении с радиокompасной станцией типа, выработанного Электро-школой, с 16 лучами и переключателем, позволяющим производить прием на каждый луч отдельно. При построении характеристики сила приема определялась по методу параллельных омов.

1. Степень точности пеленгования.

Передатчиком служила радиостанция Сименса и Гальске при постоянных условиях. Румбование производилось последовательным переключением замкнутого (детекторного) контура приемника на лучи, равномерно распределенные по всем направлениям и имевшие каждый свой номер.

Таблица дает результаты измерений от пунктов А, Б, В, Г соответственно в расстояниях 100, 80, 8 и 4 верст.

Результаты приводят к следующим заключениям:

- 1) Примененный метод румбования действительно позволяет румбовать с точностью не меньшей $\frac{1}{4}$ угла между лучами.
- 2) Румбование по минимуму точнее, чем по максимуму.
- 3) Если сила приема очень велика, то повысить точность можно, уменьшая связь или принимая не на волне передатчика.

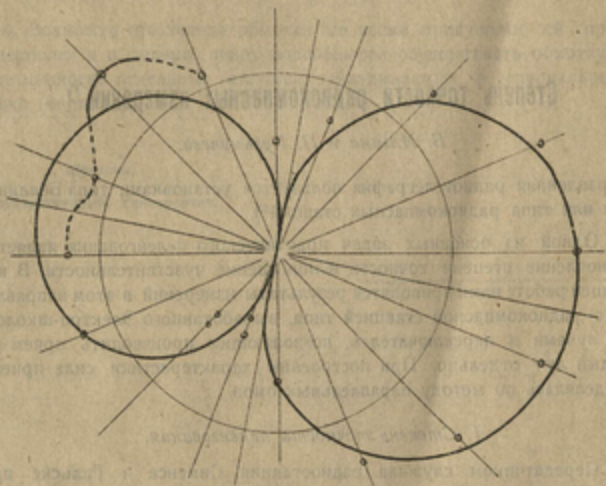
2. Построение характеристики радиокompасной станции.

Характеристика строилась измерением силы приема на разных лучах по методу омов (черт. 1, стр. 202).

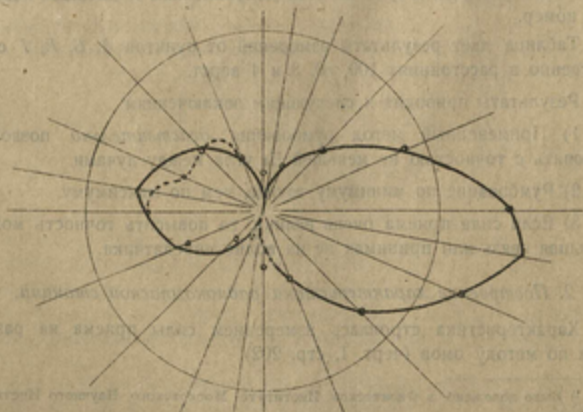
¹⁾ Было доложено в Физическом Институте Московского Научного Института в 1918 году.

²⁾ Fleming. The Principles of Electric Wave Tel. and Tel. 1916, p. 620. Zenneck. Lehrb. d. drahtl. Tel. Stuttgart. 1913, p. 417—427.

Г. Усман и П. Кузнецов.



Черт. 1.



Черт. 2.

Т А Б Л И Ц А.

П у н к т.	Расстояние до приемной станции в верстах.	Действительный румб.	Арифмет. среднее на румбов по тах. и по min.	Вероятная ошибка $(0.68 \sqrt{\sum \delta^2})$	Наибольшее наблюдавшееся отклонение от арифмет. среднего.	Отклонение арифм. среднего от действит. румба.	Средний румб по min.	Наибольшее наблюдавшееся отклонение от среднего румба по min.	Отклонение среднего по min. от действительного.
А.	100	9.46	9.42	0.08	-0.17	-0.04	9.5	± 0.0	+0.04
Б.	80	13.55	13.42	0.08	-0.17	-0.13	13.5	± 0.0	-0.05
В.	8	11.88	11.83	0.24	+0.66	-0.05	11.85	0.65	-0.03
Г.	4	6.13	6.33	0.18	-0.58	+0.20	6.33	-0.33	+0.20

Полученные результаты заключаются в следующем:

- 1) Характеристика радиокompасной станции имеет вид восьмерки.
- 2) Радиус кривизны характеристики позволяет судить о степени точности радиокompасных определений.
- 3) Изменяя наклон лучей сети, можно изыскать наиболее выгодный наклон; для этого случая характеристика должна быть наиболее острой.
- 4) Характеристика позволяет более точно, чем румбование, установить направление на определяемую станцию и установить неправильности в распространении эл.-магн. волн (от почвы, возвышенностей и пр.). Отклонения точек, отмеченных пунктирной линией на черт. 1 и 2, повидимому вызваны формой местности, так как всегда повторялись на разных характеристиках.
- 5) Если несколько изменить схему соединений (луч и земля), то характеристика имеет форму восьмерки с неравными половинками; такая восьмерка позволяет судить о колебаниях в условиях приема в течении суток.

В заключение считаем своим долгом выразить свою благодарность нашим сотрудникам радиотелеграфистам Иванову и Пигунову за их помощь в работе.

Интеграл действия для незатухающих колебаний связанных вибраторов.

В. В. Татарина.

Если мы имеем n связанных между собою вибраторов, в числе которых имеется несколько свободных генераторов незатухающих колебаний¹⁾, и если вся система совершает незатухающие колебания некоторого определенного периода T , то для этого, вообще весьма сложного, случая колебаний всегда имеет место одно соотношение между амплитудами вибраторов, которое я позволю себе назвать „интегралом действий“.

Докажем теорему для случая произвольного числа электромагнитных вибраторов связанных индуктивно.

Дифференциальные уравнения колебаний в этом случае будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 v_1}{dt^2} + 2\alpha_1 \frac{dv_1}{dt} + \beta_1^2 v_1 + \gamma_{12} \frac{d^2 v_2}{dt^2} + \gamma_{13} \frac{d^2 v_3}{dt^2} + \dots + \gamma_{1n} \frac{d^2 v_n}{dt^2} &= 0 \\ \frac{d^2 v_2}{dt^2} + 2\alpha_2 \frac{dv_2}{dt} + \beta_2^2 v_2 + \gamma_{21} \frac{d^2 v_1}{dt^2} + \gamma_{23} \frac{d^2 v_3}{dt^2} + \dots + \gamma_{2n} \frac{d^2 v_n}{dt^2} &= 0 \\ \dots &\dots \\ \frac{d^2 v_n}{dt^2} + 2\alpha_n \frac{dv_n}{dt} + \beta_n^2 v_n + \gamma_{n1} \frac{d^2 v_1}{dt^2} + \gamma_{n2} \frac{d^2 v_2}{dt^2} + \dots + \gamma_{nn-1} \frac{d^2 v_{n-1}}{dt^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь α_k — коэффициенты затухания, при чем некоторые из них, соответствующие генераторам, должны быть отрицательны, β_k — угловые частоты собственных колебаний вибраторов, равные $\frac{1}{\sqrt{L_k C_k}}$, и γ_{ik} — коэффициенты реакции связи, при чем

$$\gamma_{ik} = \frac{M_{ik} C_k}{L_i C_i}.$$

¹⁾ См. „ТехТон“ № 11 стр. 82.

Согласно нашему условию все вибраторы колеблются с одним общим периодом $T^1)$ и потому уравнения их колебаний мы можем написать так:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) \\ v_2 &= a_2 \sin(\omega t + \varphi_2) \\ &\dots \dots \dots \\ v_n &= a_n \sin(\omega t + \varphi_n), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Умножим ур-ия (1) соответственно на $\frac{dv_1}{dt} dt, \frac{dv_2}{dt} dt, \dots \frac{dv_n}{dt} dt$ и проинтегрируем в пределах от $t = 0$ до $t = T$. Легко видеть, что первые и третьи члены ур-ий (1) в результате интегрирования дадут нуль и мы получим такую систему ур-ий:

$$\left. \begin{aligned} T\omega^2 [a_1^2 a_1 + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} a_1 a_k \sin(\varphi_1 - \varphi_k)] &= 0 \\ T\omega^2 [a_2^2 a_2 + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} a_2 a_k \sin(\varphi_2 - \varphi_k)] &= 0 \\ &\dots \dots \dots \\ T\omega^2 [a_n^2 a_n + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} a_n a_k \sin(\varphi_n - \varphi_k)] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Сократив ур-ия (3) на $T\omega^2$, умножив их соответственно на $\frac{C_1}{\beta_1^2}, \frac{C_2}{\beta_2^2}, \dots$ и $\frac{C_n}{\beta_n^2}$ и приняв во внимание, что $\beta_k^2 = \frac{I}{L_k C_k}$, а $\tau_{ik} = \frac{M_{ik} C_k}{L_i C_i}$, найдем:

$$\left. \begin{aligned} \frac{a_1^2 a_1 C_1}{\beta_1^2} + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} M_{1k} a_1 a_k C_1 C_k \sin(\varphi_1 - \varphi_k) &= 0 \\ \frac{a_2^2 a_2 C_2}{\beta_2^2} + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} M_{2k} a_2 a_k C_2 C_k \sin(\varphi_2 - \varphi_k) &= 0 \\ &\dots \dots \dots \\ \frac{a_n^2 a_n C_n}{\beta_n^2} + \frac{1}{2} \omega \sum_{k=1}^{n-1} M_{nk} a_n a_k C_n C_k \sin(\varphi_n - \varphi_k) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

1) Такой случай колебаний представляет собою, например, ламповый генератор, связанный с резонирующим контуром и вольтмером.

Если сложим ур-ия (4), то все члены под знаком Σ дадут в сумме нуль, ибо для каждого члена этой суммы, имеющего множителем $\sin(\varphi_k - \varphi_1)$, найдется равный ему по абсолютной величине, имеющий множитель $\sin(\varphi_1 - \varphi_k)$.

Таким образом получим:

$$\frac{a_1^2 \alpha_1 C_1}{\beta_1^2} + \frac{a_2^2 \alpha_2 C_2}{\beta_2^2} + \dots + \frac{a_n^2 \alpha_n C_n}{\beta_n^2} = 0, \text{ или,}$$

т. к. $a_k^2 C_k = 2W_k$, где W_k есть полная энергия колебательного процесса k -го вибратора,

$$\sum_{k=1}^n \frac{W_k \alpha_k}{\beta_k^2} = 0 \quad (5)$$

Если будем рассматривать каждый вибратор в отдельности, вне связи его с другими вибраторами, то увидим, что каждое слагаемое суммы (5) отличается лишь постоянным множителем от „действия“ вибратора, вычисленного за один период его собственных колебаний.

Поэтому соотношение (5) я и назвал „интегралом действий“.

Ур-ие (5) есть обобщение аналогичного уравнения, выведенного мною для случая двух вибраторов¹⁾.

Радиолaborатория.

Ноябрь. 1921.

¹⁾ „ТехТел“ № 11 стр. 93 ур. (27).

О новом способе соединения электродвигателей постоянного тока для получения абсолютного синхронного вращения этих двигателей.

Профессора К. И. Шенфера.

Автору настоящей статьи удалось разработать такую схему соединений моторов постоянного тока, при которой получается вполне синхронная работа последних, т. е. при которой число оборотов в минуту одного двигателя совершенно одинаково с числом оборотов другого двигателя, несмотря на всевозможные колебания их нагрузок.

Сущность соединения ясна из черт. 1 (стр. 209), где M_1 , M_2 — электродвигатели постоянного тока; C , D — шины постоянного тока; R — пусковое сопротивление, общее для двух двигателей; K_1 , K_2 — коллекторы электродвигателей M_1 и M_2 ; A_1 , A_2 — обмотки якорей электродвигателей M_1 и M_2 ; F_1 , F_2 — обмотки шунтового возбуждения; B_1 , B_2 — контактные кольца.

Электродвигатели постоянного тока, показанные на схеме черт. 1 (стр. 209), отличаются от двигателей обычного типа наличием контактных колец, которые в количестве трех (двух или шести) соединяются с соответственным числом равноотстоящих друг от друга точек обмотки якоря, как это схематически показано на черт. 2, (стр. 209) причем A означает обмотку якоря, B — контактные кольца.

При указанной на черт. 1 схеме соединения оба электродвигателя M_1 и M_2 могут вращаться только синхронно. Действительно, при увеличении, например, момента сопротивления на валу двигателя M_1 , вращающегося с некоторой определенной скоростью, произойдет отставание якоря A_1 от якоря A_2 на некоторый угол, благодаря чему по проводам L (см. черт. 1) потечет выравнивающий переменный ток, и в результате появится синхронизирующая сила, которая не позволит якорю A машины M_1 выпасть из синхронизма.

При моменте сопротивления двигателя M_1 большем, чем двигателя M_2 , якорь машины M_1 будет получать двойное питание: к коллектору K_1 будет притекать энергия из сети в форме постоянного тока, а к контактным кольцам B_1 через посредство проводов L будет притекать

энергия из якоря A_2 машины M_2 в виде трехфазного тока, преобразованного в этом якоре из постоянного. Пуск в ход обеих машин может быть произведен без всяких аппаратов, указывающих синхронизм; необходимо только, чтобы пусковое сопротивление R , как показано на черт. 1, было общим для обеих двигателей, и чтобы пуск в ход последних совершался одновременно; в этом случае, при постепенном повышении числа оборотов электродвигателей, последние автоматически входят в синхронизм.

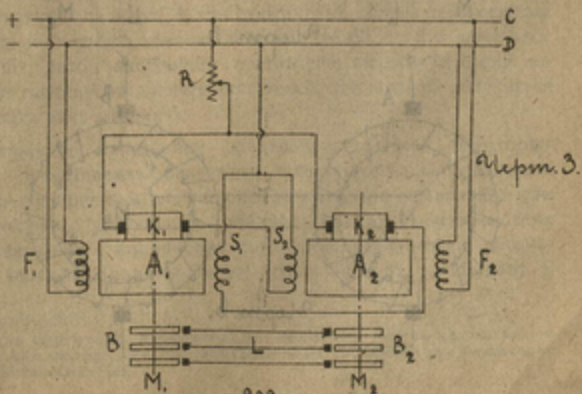
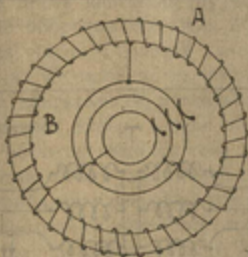
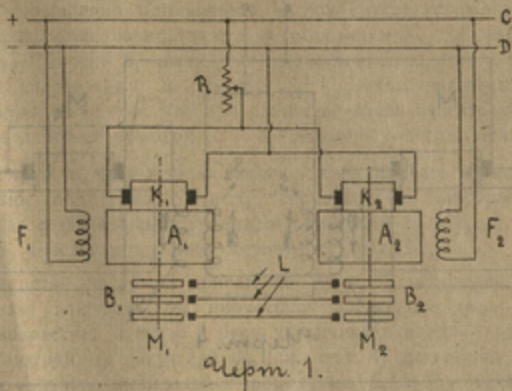
Для уменьшения величины выравнивающих переменных токов, которые циркулируют в обмотках якорей A_1 и A_2 (черт. 1) при неодинаковых моментах сопротивления на валах двигателей M_1 и M_2 , автор настоящей статьи разработал кроме того схему соединений электродвигателей смешанного возбуждения с перекрещенными компаундными обмотками, как показано на черт. 3. Схема эта отличается от схемы черт. 1 наличием компаундных обмоток $S_1 - S_2$; компаундная обмотка S_1 двигателя M_1 питается током якоря двигателя M_2 , а компаундная обмотка S_2 питается якорным током двигателя M_1 ; в остальных своих частях схема черт. 3 совпадает со схемой черт. 1.

Благодаря наличности компаундных обмоток, соединенных согласно указанной выше схеме, величина выравнивающих переменных токов, протекающих по проводам L (см. черт. 1 и 3), должна быть меньше по сравнению с таковой для электродвигателей без компаундных обмоток, что видно из следующего. Допустим, что момент сопротивления на валу двигателя M_1 больше, чем на валу двигателя M_2 ; тогда при наличности правильно подобранных по величине компаундных обмоток происходит следующее: ток двигателя M_1 , в соответствии с увеличением момента сопротивления, возрастает, и число оборотов в мин двигателя M_1 падает; в таком же приблизительно отношении должно при этом уменьшаться и число оборотов двигателя M_2 благодаря возрастанию величины магнитного потока, вызванному компаундной обмоткой S_2 ; если бы контактные кольца $B_1 - B_2$ (черт. 3) отсутствовали, то число оборотов машин M_1 и M_2 совпадали бы лишь приблизительно; при наличности же последних, скорости машин M_1 и M_2 в точности должны быть равны друг другу.

Таким образом при соединении машины M_1 и M_2 по схеме черт. 3, удержанию строго одинакового числа оборотов этих машин способствуют не один, как в случае схемы черт. 1, а два фактора: 1) изменение магнитного потока машины, вызванное компаундными обмотками, и 2) появление синхронизирующей силы, обусловленной появлением выравнивающего переменного тока, циркулирующего в якоре обеих машин.

Описанные выше соединения могут быть применены и к числу двигателей большему, чем 2.

К. У. Ученый.



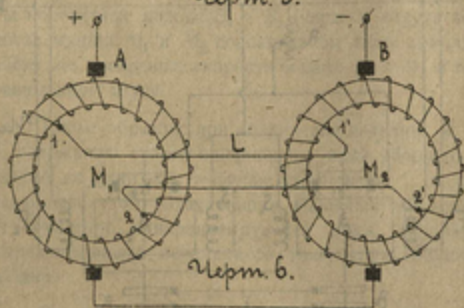
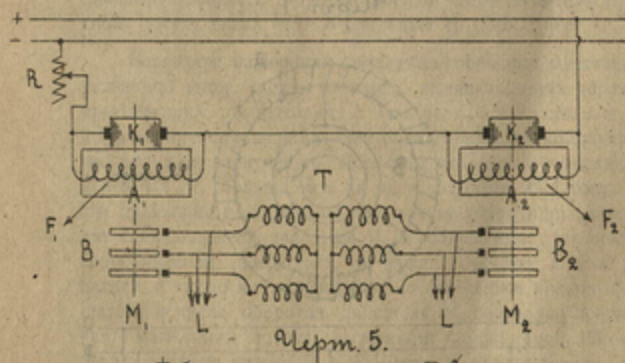
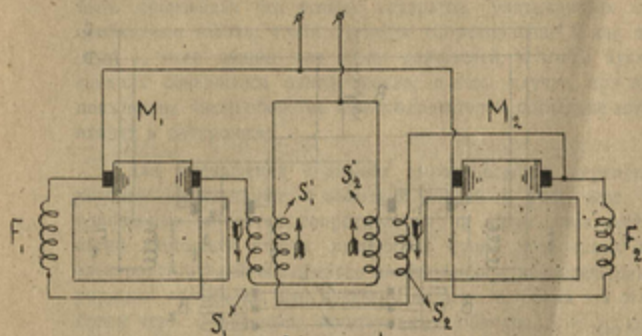


Схема соединений, показанная на черт. 3, может быть еще видоизменена так, как это изображено на черт. 4 (стр. 210). Здесь двигатель M_1 снабжен кроме шунтовой обмотки F_1 еще двумя обмотками главного тока S_1 , S_1^1 с совершенно одинаковым числом витков, сидящими на одних и тех же полюсах; точно такими же обмотками S_2 , S_2^1 снабжен и двигатель M_2 . Обмотка S_1 обтекается током двигателя M_1 в указанном на черт. 4 направлении, а обмотка S_1^1 — током двигателя M_2 в обратном направлении, так что при равенстве токов двигателей M_1 и M_2 магнитное действие обмоток S_1 и S_1^1 взаимно уничтожается.

Обмотки главного тока приключаются к сети так, что магнитное поле, создаваемое обмотками S_1^1 и S_2^1 , совпадает по направлению с главным полем, создаваемым шунтовыми обмотками F_1 и F_2 , а поле обмоток S_1 и S_2 имеет направление обратное с главным.

При неравенстве нагрузок двигателей M_1 и M_2 , например, при большей нагрузке двигателя M_1 происходит следующее: сила тока двигателя M_1 возрастает, в связи с этим увеличиваются ампер-витки, создаваемые обмоткой S_1 двигателя M_1 (см. черт. 4), вследствие чего разность ампер-витков, вызываемых обмотками S_1^1 и S_2 , перестает быть равной 0, и магнитный поток двигателя M_2 увеличивается; в соответствии с последним число оборотов двигателя M_2 несколько понижается; в то же самое время число оборотов сильнее нагруженного двигателя M_1 понижается также не особенно значительно, так как одновременно с увеличением тока двигателя M_1 магнитный поток его слегка уменьшается вследствие перевеса ампер-витков обмотки S_1 . Можно так подобрать числа витков обмоток главного тока S_1 , S_1^1 , S_2 и S_2^1 , что изменение числа оборотов обоих двигателей при неодинаковом изменении их нагрузок будет приблизительно одинаковым; для абсолютно точной синхронной работы необходимо устройство контактных колец и соединение их между собой, как показано на черт. 3 (для того чтобы не затемнить чертежа, на черт. 4 эти контактные кольца не показаны). Кроме параллельного соединения электродвигателей постоянного тока, описанного выше, автор настоящей статьи еще выработал схему последовательного соединения электродвигателей, при котором получается синхронная работа этих машин¹⁾.

Последовательное соединение электродвигателей в некоторых случаях может представлять известные преимущества по сравнению с параллельным соединением как в смысле экономии проводов²⁾, так и в смысле некоторого упрощения проводки. На черт. 5 показана схема такого последовательного соединения двух электродвигателей; обозначения на этом чертеже приняты те же, что и на черт. 1. Из черт. 5

¹⁾ Охр. свид. № 73836.

²⁾ Напряжение генератора, питающего два двигателя, при последовательном соединении — в два раза больше, чем при параллельном их соединении при одинаковом напряжении у зажимов двигателей.

видно, что якоря электродвигателей M_1 и M_2 со стороны постоянного тока соединены между собой последовательно, а со стороны переменного тока через посредство контактных колец, соединительных проводов L и трансформатора T соединены между собой параллельно.

Назначение трансформатора T , показанного на черт. 5, заключается в предохранении цепи постоянного тока от периодических коротких замыканий через провода переменного тока L , которые будут иметь место при вращении двигателей в случае отсутствия трансформатора T .

Сказанное поясняет черт. 6, на котором изображены два последовательно соединенные со стороны коллектора якоря M_1 и M_2 ; для простоты на черт. 6 цепь переменного тока изображена однофазной, хотя сказанное ниже относительно однофазной цепи почти одинаково приложимо и к трехфазной цепи; для ясности черт. 6 контактные кольца не показаны.

Из черт. 6 видно, что, когда при вращении якорей точка присоединения обмотки к контактному кольцу I придет и совпадение со щеткой A , а точка I^1 придет в совпадение со щеткой B , произойдет короткое замыкание цепи постоянного тока (цепь короткого замыкания будет следующая: зажим „+“ — щетка A — точка I — соединительный провод L — щетка B — зажим „-“). Во избежание таких коротких замыканий автор предлагает включать в цепь переменного тока трансформатор T (см. черт. 5) с передаточным числом 1/1. Двигатели, соединенные по схеме черт. 5, будут вращаться вполне синхронно; всякое изменение момента сопротивления одного из двигателей относительно другого влечет за собой смещение по фазе эдс переменного тока, индуцированной в якоре одного из двигателей относительно такой же эдс якоря другого двигателя, в результате чего появляется в проводах L и трансформаторе T (черт. 5) выравнивающий переменный ток и „синхронизирующая сила“, которая не позволяет двигателям M_1 и M_2 „выпасть из такта“.

Соотношение между шкивной мощностью двигателей M_1 и M_2 , соединенных по схеме черт. 5, и мощностью выравнивающего переменного тока W_3 может быть определено на основании следующего.

Пусть W_1 — электрическая мощность, притекающая как со стороны коллектора, так и со стороны контактных колец к двигателю M_1 ; W_2 — такая же мощность двигателя M_2 ; W_{m1} и W_{m2} — соотв. мощности на валу двигателей M_1 и M_2 ; V_1 и V_2 — потери в двигателях M_1 и M_2 ; P_1 и P_2 — напряжения на коллекторе двигателей M_1 и M_2 ; J — сила тока двигателей M_1 и M_2 ; W_3 — энергия переменного тока.

Если машина M_1 будет нагружена сильнее, чем машина M_2 , то машина M_1 будет работать, как двигатель постоянного тока, получая энергию из сети постоянного тока при посредстве коллектора, и как

синхронный двигатель, получая энергию переменного тока при посредстве контактных колец, а машина M_2 будет работать отчасти, как мотор постоянного тока, а отчасти, как одноякорный преобразователь, питая двигатель M_1 переменным током. Таким образом мы будем иметь:

$$W_1 = P_1 \cdot J + W_3,$$

$$W_2 = P_2 \cdot J - W_3.$$

Из двух последних уравнений мы получаем

$$W_3 = \frac{J}{2} [(W_1 - W_2) + (P_2 - P_1) \cdot J];$$

подставив в последнее выражение соотношения

$$W_1 = W_{m1} + V_1,$$

$$W_2 = W_{m2} + V_2,$$

мы получим искомую зависимость между энергией переменного тока W_3 и механическими нагрузками двигателей в следующем виде:

$$W_3 = \frac{J}{2} [(W_{m1} - W_{m2}) + (V_1 - V_2) + (P_2 - P_1) \cdot J].$$

Из этого выражения видно, что при равенстве нагрузок $W_{m1} = W_{m2}$ и при двух совершенно одноптипных двигателях (когда $V_1 = V_2$ и $P_2 = P_1$) получается

$$W_3 = 0.$$

В этом случае по проводам переменного тока будет протекать только выравнивающий безваттный ток, вызванный неодинаковым возбуждением машин M_1 и M_2 ; при одинаковых же возбуждениях ток в соединительных проводах будет $= 0$.

Опытная проверка.

Для проверки всего вышесказанного в электротехнической лаборатории Высшего Технического Училища были произведены опыты с двумя трехфазными одноякорными преобразователями тока зав. Westinghouse Comp. мощностью по 20 киловатт каждый. На черт. 7 (стр. 219) показана схема соединения приборов при испытании машин,

соединенных между собой параллельно; на этом чертеже означают: J_1, J_2, J_3, i_1, i_2 — амперметры; P, P_r — вольтметры; O_1, O_2, O_2^1 — шлейфы осциллографа; D — дроссельные катушки; W_1, W_2 — ваттметры; Γ — нагрузочный генератор.

Остальные обозначения — те же, что и на черт. 1. Для того, чтобы произвести испытание машин в отношении их способности работать синхронно, опыты были произведены при самых неблагоприятных условиях, а именно: нагрузка давалась при помощи нагрузочного генератора Γ только машине M_1 , а машина M_2 все время работала в холостую. На таблице 1 дана сводка результатов испытания. Здесь означают: I_1 — сила тока двигателя M_1 в амп.; I_2 — сила тока двигателя M_2 в амп.; I_3 — эффектив. значение переменного тока в амп.; P — напряжение сети постоянного тока в вольтах; W_r — нагрузка генератора в уаттах; W_3 — мощность переменного тока, текущего по проводам L (см. черт. 1 стр. 209); i_1, i_2 — токи возбуждения двигателей M_1 и M_2 в амп.; n — число оборотов в минуту, одинаковое для обоих двигателей.

При испытании дроссельные катушки D были замкнуты рубильниками на короткое (черт. 7 стр. 219); о назначении этих дроссельных катушек будет сказано ниже.

Таблица 1.

P	I_1	I_2	I_3	i_1	i_2	W_3	n	W_r
110	14	8,0	3,4	1,1	1,1	185	810	0
"	22	10,5	4,7	"	"	300	795	1010
"	30	13,0	5,3	"	"	440	788	1740
"	50	16,0	8,2	"	"	750	780	4200
"	80	20	12,6	"	"	1120	760	7800

На основании этих данных были построены кривые I_1, I_2, I_3 и т. д. в функции нагрузки W_r (черт. 8, стр. 219).

Из опытов выяснилась полная практическая пригодность схемы черт. 1; даже при очень резких толчкообразных изменениях нагрузки

двигателя M_1 „выпадения из такта“ не происходило, и оба двигателя в одинаковой мере, соответственно меняющейся нагрузке, изменяли свою скорость, продолжая работать синхронно; пуск в ход обоих двигателей во время опыта совершался без всяких синхронизирующих приспособлений при помощи общего реостата R (черт. 7).

За отсутствием двигателей с компаундными обмотками, схем, изображенных на черт. 3 и 4, к сожалению, испытать не удалось; в будущем автор надеется приступить к опытной проверке и этих схем.

На таблице 2 приведены результаты испытания двигателей, соединенных последовательно; соединение было выполнено согласно черт. 5 (стр. 210) с той только разницей, что обмотки возбуждения F_1 и F_2 были приключены не к щеткам двигателей, как это показано на черт. 5, а были присоединены к зажимам „+“ и „-“ сети. В этом случае,

Таблица 2.

P	P_1	P_2	I	I_3	i_1	i_2	W_3	W_T	n
110	55	55	7.5	1.5	0.75	0.98	44	0	420
„	53	57	18.8	13.5	„	„	620	870	415
„	50	60	30.0	24.5	„	„	1240	1600	412
„	48.3	61.7	39	31.2	„	„	1790	2030	412
„	48	62	43.2	36.3	„	„	1940	2220	412
„	46.2	63.8	52	42.8	„	„	2560	2700	411
„	45	65	57.6	49.7	„	„	2730	2930	410
„	44	66	65.6	55.2	„	„	3420	3200	410

При совершенно одинаковом числе оборотов в мин. наконечников 1 и 2 вращения червяка *B* относительно зубчатки *A* не происходило, и указатель *C* показывал всегда одно и тоже деление; при разных числах оборотов наконечников 1 и 2 зубчатка *A* начинала перемещаться относительно указателя *C*, и число переместившихся делений зубчатки *A* давало возможность определить разность числа оборотов 1 и 2 за определенное время.

При помощи описанного здесь счетчика были проделаны опыты с пуском в ход двигателей, соединенных по схемам черт. 1 (стр. 209) и 5 (стр. 210).

При этом оказалось, что синхронизация совершается после 1-го оборота, так как в большинстве случаев дифференц. счетчик не обнаружил расхождения в числах оборотов за весь процесс пуска в ход ни на один оборот.

Только при особо тяжелых условиях (быстрый пуск в ход при неодинаковой нагрузке) было замечено расхождение чисел оборотов двигателей M_1 и M_2 за весь процесс пуска в ход в один или пол оборота якоря.

Кривые тока. На черт. 2 показана кривая напряжения „1“ и кривая тока „2“ в цепи контактных колец, снятые при помощи осциллографа, включенного в цепь, как показано на черт. 7 (шлейфы O_2 и O_1).

Такое значительное, превосходящее всякие ожидания, отклонение кривой тока по форме от синусоиды автор настоящей статьи объясняет след. образом.

Если бы оба параллельно соединенные якоря машин M_1 и M_2 при синхронном вращении не были повернуты друг относительно друга на некоторый угол, то искажения формы кривой тока не происходило бы; при неодинаковых нагрузках двигателей M_1 и M_2 , однако, как было выяснено выше, происходит поворот одного якоря относительно другого на некоторый угол, что служит, как будет пояснено ниже, причиной искажения кривой тока; на черт. 12 (стр. 220) изображена схема двух якорей, соединенных параллельно, при чем якорь M_2 опережает якорь M_1 на $\angle \theta$ (на этой схеме, для упрощения, контактные кольца не изображены); из черт. 12 видно, что при таком положении якорей, когда точка 1^2 якоря M_2 находится под щеткой *B*, а точка 1 якоря M_1 еще не успела передвинуться под щетку *A*, в цепи $I-A-C-B-I^1-I$ потечет ток под воздействием эдс, индуктированной в части обмотки якоря M_1 , заключающейся между точкой 1 и щеткой *A*; спустя некоторое время, когда, при вращении якорей, точка 1 придет в совпадение со щеткой *A* и точка 1^1 обмотки якоря M_2 выйдет из под щетки *B*, опережая точку I на $\angle \theta$ в цепи $I-A-C-B-I^1-I$ появится снова эдс, равная прежней, но направленная в обратную сторону.

Таким образом мы видим, что в проводах цепи постоянного тока $A-C-B$ и $A^1-C^1-B^1$ при неодинаковых нагрузках машин M_1 и M_2 должен циркулировать, кроме постоянного, еще переменный ток.

Сказанное здесь подтверждает осциллограмма тока, текущего в проводах постоянного тока $A-C-B$, полученная при помощи шлейфа осциллографа $O^{1/2}$, включенного в цепь, как показано на черт. 7.

Рассмотренное только что здесь явление наложения переменного тока на постоянный в цепи постоянного тока служит причиной искажения кривой тока, текущего в проводах, соединяющих контактные кольца обеих машин.

Для проверки этого предположения в цепь постоянного тока (цепь коллекторов) были включены две больших самоиндукции D (см. черт. 7, стр. 219) с целью затруднить проникновение переменного тока в цепь постоянного тока; осциллограммы тока, снятые одна за другой на одной и то же пленке¹⁾, показывают, что кривая тока при включении двух дроссельных катушек в обе ветви (черт. 7, стр. 219), очень близко приближается по своей форме к синусоиде, чего нельзя однако сказать про кривую тока при включении одной дроссельной катушки, которая совпадает с синусоидой только на протяжении одного полупериода, а на протяжении второго полупериода заметным образом расходится с синусоидой; последнее обстоятельство объясняется включением только в одну из ветвей постоянного тока дроссельной катушки в то время, как другая ветвь вовсе не была защищена при помощи дроссельной катушки от проникновения в нее переменного тока²⁾.

Осциллограмма тока в цепи постоянного тока при включении дроссельной катушки показывает, насколько сильно дроссельная катушка препятствует проникновению переменного тока в цепь коллекторов (см. черт. 1). Осциллограммы тока и фазного напряжения в цепи контактных колец для случая двигателей, соединенных последовательно согласно схеме черт. 5³⁾, показывают отсутствие искажения формы кривой тока, что объясняется особенностью схемы соединения черт. 5, при которой отсутствует замкнутая цепь постоянного тока $A-C-B-B^1-C^1-A^1$, видимая на черт. 12 (при паралл. соедин. якостей).

¹⁾ Во время съемки фотографический барабан осциллографа все время вращался синхронно с вращением машин M_1 и M_2 , благодаря чему кривые получились совпадающими по фазе.

²⁾ Интересным является вопрос, насколько вредно отражается на коэфф. пол. действия двигателей вышеописанное явление проникновения переменного тока в цепь постоянного тока; произведенные предварительно опыты с вышеописанными двигателями Вестингауза и приблизительные подсчеты показали, что влияние это незначительно; автор еще надеется вернуться к этому вопросу.

³⁾ Искажение формы кривой фазного напряжения объясняется влиянием сильного насыщения трансформатора T , включенного в цепь согласно черт. 5.

К. Н. Мерсер.

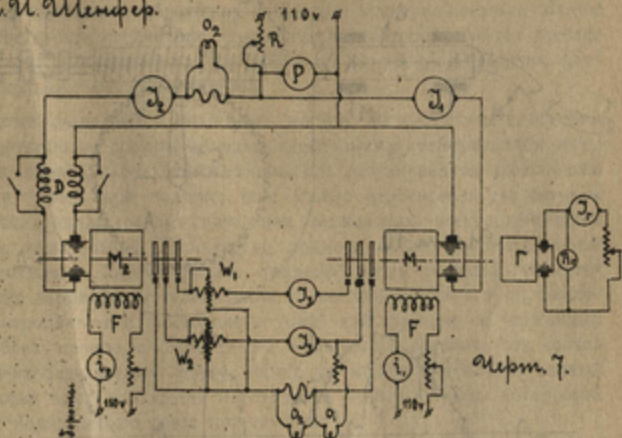


рис. 7.

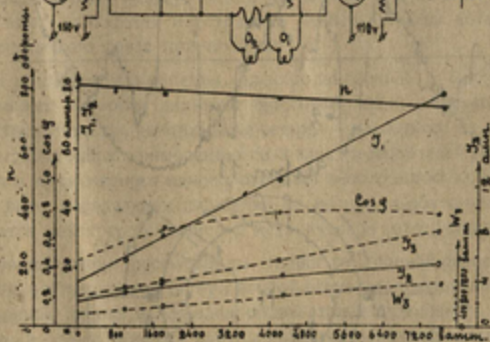


рис. 8.

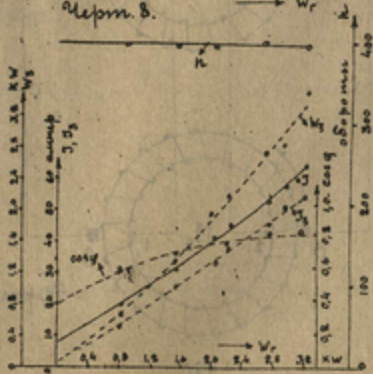
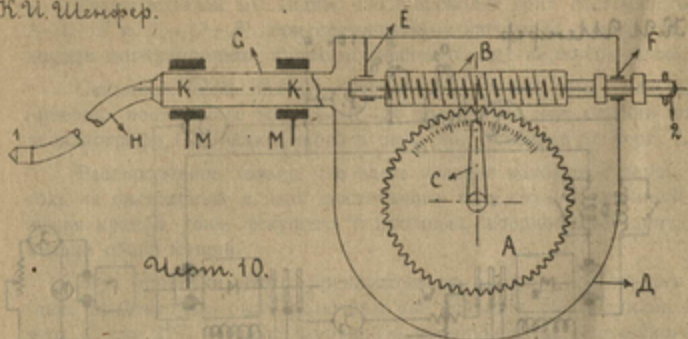
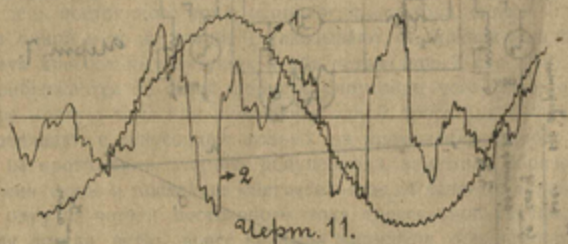


рис. 9.

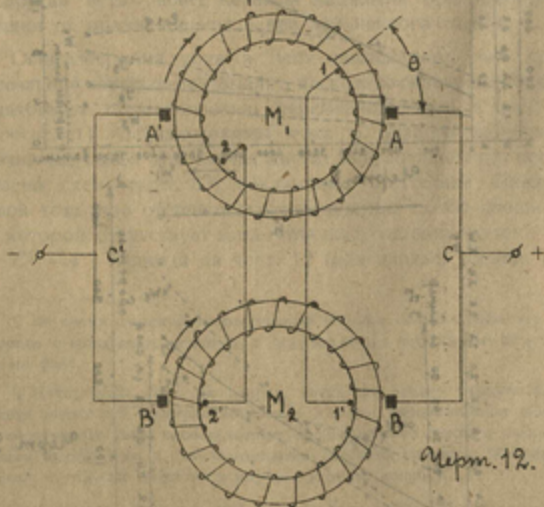
К. И. Менделеев.



черт. 10.



черт. 11.



черт. 12.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретические соображения и опытная проверка показали полную пригодность схем соединения, разработанных автором, для тех случаев электромоторных установок, где требуется синхронное вращение двух или нескольких электродвигателей.

Кроме разводных и подъемных мостов, где описанные здесь способы регулировки должны обладать неоспоримым преимуществом перед другими способами, предназначенными для регулирования продольного перекоса фермы при подъеме, еще можно перечислить ряд случаев, когда синхронная работа двух или нескольких электродвигателей является желательной. В качестве примера можно привести случай одновременного подъема двумя кранами очень больших тяжестей (например паровозов, деталей больших эл. генераторов и т. п.). Выполняя электродвигатели постоянного тока, действующие на подъемный крюк обоих кранов, с контактными кольцами и соединяя эти кольца двух электродвигателей между собой, мы можем обеспечить полный синхронизм этих двигателей и устранить таким образом возможный перекос поднимаемого груза при подъеме.

Вторым примером применения электродвигателей с синхронным вращением может служить длинный мостовой кран, оборудованный двумя самостоятельными моторами движения — по одному на каждый конец фермы; благодаря применению двух электродвигателей движения вместо обычно применяемого одного, отпадает необходимость в длинном продольном вале, передающем движение от мотора на оба конца крана, чем достигается некоторое упрощение механической конструкции крана.

В настоящей статье рассмотрены случаи синхронной работы электродвигателей постоянного тока; при особой схеме соединения возможна также синхронная работа и для электродвигателей переменного тока — асинхронных; к этому вопросу автор надеется вернуться в одной из своих следующих работ.

По поводу „генератора-трансформатора частоты“ Н. М. Обухова.

М. В.

Для суждения о практической целесообразности предложенного Н. М. Обуховым („Тибп“ № 11, стр. 47 и № 12 стр. 189) „генератора-трансформатора частоты“ необходимо выяснить, какую мощность может дать машина этого типа определенных размеров и какие частоты можно при этом получить от нее. Об этом у автора не имеется никаких конкретных указаний. Дальнейшее и представляет собой попытку выяснить вопрос о возможностях „генератора-трансформатора“ с количественной стороны.

Возьмем первый тип прибора, описанный автором в начале статьи (стр. 48, 51 и след.), и рассмотрим режим генерирования первичной частоты f_1 при возбуждении постоянным током. В этом режиме частота очевидно должна удовлетворять обычному соотношению

$$f_1 = \frac{p \cdot n}{60},$$

где p есть число пар полюсов машины, а n ее число оборотов в минуту. Сразу можно предвидеть, что оба множителя, определяющие f_1 , должны быть в рассматриваемой машине меньше, чем хотя бы в машинах индукторного типа (напр. гр. Арко, Вологодина и др.). В самом деле, в машинах индукторного типа частота ограничивается наименьшей конструктивно выполнимой величиной деления статора, достаточной для вмещения обмотки статора с ее изоляцией; желание по возможности уменьшить занимаемое изоляцией место приводит к постройке даже мощных машин обязательно низковольтными. В машине же Обухова, где на статоре, в одних и тех же канавках должны лежать три различные обмотки (для постоянного тока, первичной и умноженной частоты), наименьшее возможное деление статора будет неизбежно больше, чем в машинах индукторного типа с только одной обмоткой на статоре. В индукторных машинах частота определяется, собственно, делением ротора, что дает возможность выгадывать место для изоляции на статоре, делая число канавок статора $Z_s < 2 Z_r$; в машине Обухова

не имеется и этой возможности, т. к. обмотка возбуждения лежит на статоре и потому каждый зубец статора представляет собой полюс: $Z_s = 2p$.

Оценим наименьшее осуществимое деление статора в машине Обухова около 12 мм (против 5—7 мм в машинах индукторного типа) и форму канавок по черт. 1 (стр. 229), каковы размеры канавки являются скорее преувеличенными. Полагая в этой канавке всего по 0,75 мм на сторону на все изоляции и зазор по ширине канавки и около 4,5 мм на все изоляции и зазор по высоте канавки, получим общее количество места для всех 3-х обмоток $6 \cdot 21,5 = 129 \text{ мм}^2$. Предположим далее, что расточка равна $D = 1 \text{ м}$, следов.

$$2p = Z_s = \frac{\pi D}{\tau} = 260 \text{ или } p = 130.$$

Переходим ко второму множителю, определяющему f , именно числу оборотов n . Последнее ограничено механической прочностью ротора, и в рассматриваемой машине, требующей ротора из специального тонкого листового железа, должно быть неизбежно ниже, чем у индукторных машин с их стальными роторами, по форме приближающимися к телам равного сопротивления. При предположенном выше метровом диаметре мне не представляется возможным идти выше $n = 2000$ обор./мин, чему соответствует окружная скорость $U = 150$ м/сек. Оценивая необходимую радиальную высоту тонкого листового железа около 40 мм и следовательно его внутренний диаметр 920 мм и соответственно $U = 96$ м/сек и пренебрегая величиной радиальных напряжений σ_r на наружной окружности и на внутренней, получаем из абака Доната (M. Donath, „Berechnung rotierender Scheiben und Ringe“. Berlin. 1912) значения тангенциальных напряжений в железе ротора $\sigma_t = 850 \text{ кг/см}^2$ для наружной и соответ. 940 кг/см² для внутренней окружности железа ротора. Принимая во внимание, что к этим напряжениям присоединятся еще добавочные от магнитных притяжений по наружной окружности и от закреплений железа на внутренних, видим, что мы уже при такой скорости находимся на пределе безопасности и увеличивать скорость далее не можем (напр. фирма Chatillon, Commentry & Neuves-Maisons гарантирует для своего легированного железа марки „qualité extra-supérieure“ толщиной 0,3 мм величину временного сопротивления на разрыв 4000 кг/см². Допуская вероятность ухудшения механических качеств железа при перекале на необходимую в машинах высокой частоты толщину в несколько сотых миллиметра и вероятность местных утоньшений в листах, приходится считать, что мы не имеем уже даже четырехкратного запаса прочности относительно временного сопротивления материала ротора).

Таким образом, останавливаясь на $n = 2000$ и $p = 130$, видим, что машина может дать первичную частоту

$$f_1 = \frac{130 \cdot 2000}{60} = 4350$$

периодов, тогда как машины индукторного типа того же диаметра легко дают частоту в 3—4 раза большую (при допустимой для их роторов в форме дисков равного сопротивления скорости 150—200 м/сек т. е. 3000—4000 оборотов в мин.

Рассмотрим теперь, какую мощность первичной частоты сможет дать наш генератор-трансформатор. Эдс первичной частоты получается благодаря пульсации величины магнитного потока, имеющего *max* в положении зубцов ротора II (черт. 5 стр. 50), и *min* в положении I или III (тот же чертеж), т. к. при указанных положениях ротора имеет место соответственно *max* и *min* проводимости магнитной цепи. Чтобы оценить величину возможной пульсации магнитной проводимости, зададимся величиной междужелезного пространства, $\delta = 0,8$ мм, что представляет более или менее обычную величину в машинах подобного типа, ниже которой и в рассматриваемой машине едва ли удастся спуститься.

Картину распределения трубок магнитной индукции в воздухе около зубца ротора будем считать приблизительно подобной картине трубок в пространстве между полюсами нормального промышленного альтернатора (низкой частоты) с концентрическими полюсными башмаками. По аналогии с полюсной дугой обозначим ширину зубца ротора $b = 1,2$ см и деление $\tau = 2,4$ см; отношение

$$\alpha = \frac{b}{\tau} = 0,5.$$

Тогда будем иметь „идеальное“ отношение $\alpha_1 = \frac{b_1}{\tau} = 0,554$ (по таблице в Arnold. „Die Wechselstromtechnik“, Bd. III, II Aufl. S. 188—таблица данных кривых индукции для $\frac{\delta}{b} = \frac{0,8}{12} = \sim \frac{1}{16,6}$). А это значит, что общая проводимость боковых трубок (как *as* на черт. 1) такова, что весь поток, входящий (или выходящий) из зубца может быть выражен, как $Const. 0,554$ при потоке всех трубок, входящих в зубец (подобно *cd*) по дуге $b = 12$ мм, равном $Const. 0,5$. Так как мдс, действующая на те и другие трубки, одна и та же, то проводимости их будут обратно пропорциональны тем же числам, т. е. общая проводимость всех трубок

$$A_{(cd+as)} = Const. 0,554,$$

проводимость трубок, подобных *cd*,

$$A_{cd} = Const. 0,5,$$

откуда общая проводимость трубок подобных ae

$$\Lambda_{ae} = \text{Const. } 0,054.$$

Магнитные сопротивления будут пропорциональны обратным величинам проводимостей. Обозначая их соответственно S_{ae} и S_{ed} получим:

$$S_{ed} = \text{Const. } (1:0,5) = \text{Const. } 2,$$

$$S_{ae} = \text{Const. } (1:0,054) = \text{Const. } 18,5.$$

В действительности соотношения для „генератора-трансформатора“ будут менее благоприятными, т. к. у Арнольда рассматриваются полюса с башмаками, причем трубок, подобных ef (черт. 1) или gh , т. е. идущих в нижнюю часть боковой поверхности зубца и дно впадины, не существует; присутствие же их в машине Обухова неизбежно увеличит α_2 и следовательно уменьшит разницу между S_{ae} и S_{ed} и в конечном счете, уменьшит эдс. Так, в известных машинах индукторного типа при отношении $b:b = 1:10$ отношение $\alpha_2:\alpha$ (принятое нами в $0,554:0,5 = 1,1$) достигает значений ок. 1,3—1,5, что может уменьшить эдс в 3—5 и даже еще более раз.

В положении max , изображенном на черт. 1 или черт. 5 (стр. 50, II), витки обмоток статора охватываются потоком трубок ab , общее магнитное сопротивление пути которых будет

$$2 S_{ae} = \text{Const. } 37,0,$$

и еще потоком трубок cd с общим магнитным сопротивлением

$$2 S_{ed} = \text{Const. } 4,0.$$

При этом мы пренебрегаем сопротивлением на участке пути по железу. Т. к., как указано, на те и другие трубки действует одна и та же мдс, то будем считать весь поток, проходящий в данном положении через зубец статора

$$\Phi_{max} = \text{Const. } (1:37 + 1:4) = \text{Const. } 0,277.$$

Из этого потока часть $0,5:0,554 = \text{Const. } 0,250$ будут нести трубки, подобные cd .

В положении min (черт. 5 стр. 50, I и III) витки статора охватываются потоком двух трубок, каждая из которых проходит последовательно сопротивления S_{ae} и S_{ed} , т. е.

$$S_{ac} + S_{cd} = \text{Const.} (2 + 18,5) = \text{Const.} 20,5.$$

Следовательно,

$$\Phi_{\text{max}} = \text{Const.} (2 \cdot 20,5) = \text{Const.} 0,0975.$$

Итак, принимая поток трубки cd в положении max , равный $\text{Const.} 0,250$, за 100%, будем иметь

$$\Phi_{\text{max}} = 111\%; \quad \Phi_{\text{min}} = 39\%.$$

Таким образом, график пульсации потока, принимая его, согласно автору, прямолинейным, представится так (черт. 2, стр. 229);¹⁾ наименьшая ордината составит 39, наибольшая — 111 принятых нами условных единиц. Величина эдс первичной частоты пропорциональна производной потока; поэтому величина эдс не изменится, если ось абсцисс перенести на 75 единиц, чтобы поток изменялся от + 36 до — 36 условных единиц. Так как цепь настроена в резонанс, все высшие гармоники исчезающе малы. Расчет будем вести только на основную гармонику потока, амплитуда которой $\Phi_1 = \frac{8}{\pi^2} \Phi$, где Φ — амплитуда самого потока. Итак, величина эдс будет определяться первой гармоникой потока

$$\Phi_1 = \frac{8}{\pi^2} \cdot 36 = 29,2$$

в наших условных единицах.

Выше было указано, что мы располагаем в канавке статора местом 129 мм² для вмещения всех трех обмоток. Как его распределить между отдельными обмотками, автор не указывает, предположив распределение поровну, для обмотки возбуждения будем иметь место 43 мм². Предположим наиболее благоприятный возможный случай, что обмотка состоит только из одного стержня, как раз занимающего все данное место и имеющего сечение те же 43 мм². Допустив для такого стержня высокую плотность тока 3,5 А/мм², получим силу тока возбуждения около 150 А и мдс 150 АW. Индукция под зубом ротора для трубок cd в положении черт. 1 (стр. 229) определится из обычного соотношения:

$$AW = 1,6 B \cdot \delta; \quad B = \frac{AW}{1,6 \cdot \delta} = \frac{150}{1,6 \cdot 0,08} = 1070,$$

если пренебрегать магнитным сопротивлением железа. Приняв для примера ширину железа 150 мм, получим поток трубок cd , принятый

¹⁾ На черт. 2 толстая замкнутая линия изображает пульсацию потока, а толстый пунктир — его первую гармоническую для одной из половин машины; тонкие сплошная и пунктирная — соответственно то же для другой половины машины.

выше за 100 условных единиц, равным $1070 \cdot 0,6 \cdot 15 = 9650$ в абсолютных единицах. Величина Φ_1 , определяющая эдс, составит $0,292 \cdot 9650 = 2820$ абсолютных единиц. Теперь можем найти эдс первичной частоты по обычной формуле:

$$E_1 = 4 \cdot k \cdot f \cdot w \cdot \Phi_1 \cdot 10^{-8} = 4 \cdot 1,11 \cdot 4350 \cdot 130 \cdot 2820 \cdot 10^{-8} = 71 \text{ вольт}$$

на каждый статор, или 144 вольта на два статора, соединенных последовательно.

Сила тока может быть допущена порядка 100 ампер, так как плотность его должна быть несколько меньше, чем в обмотке возбуждения, питаемой постоянным током. Таким образом, мощность 1-ой гармонической эдс составит 14,2 киловольтампер.

Эта цифра, полученная при всех благоприятных для „генератора-трансформатора“ допущениях, уже сама по себе неудовлетворительна, т. к. индукторные машины гр. Арко или Вологодина при тех же геометрических размерах и том же количестве активного материала дают мощность примерно в 10 раз большую, при частоте в 3—4 раза большей. Соответственно большему количеству активного материала, коэффициент полезного действия машины Обухова должен быть несомненно значительно меньше коэфф. пол. д. машин индукторного типа, где, между прочим, ротор даже вовсе не подвергается перемагничиванию.

Определим теперь величину эдс двойной частоты. Ее максимум наступает при фазе первичной частоты $\pi/4$, т. е. в момент, когда мгновенное значение эдс первичной частоты как раз равно действующему, и мгновенное значение ампервитков тока первичной частоты, в силу условия резонанса, находящегося в фазе с эдс, также равно действующему и составит, по принятым данным, 100 AW.

Разность проводимостей в обоих статорах $oc - ob = dc$ в наших условных единицах равна 36 для линейной пульсации (что легко видеть из черт. 2, стр. 229) или 41,2 для ее первой гармонической ($= 2 \Phi_{1 \max} \cdot \cos \pi/4$). Соответственно отношению ампервитков, масштаб условной единицы будет меньше в том же отношении 100 : 150, и следовательно наши 41,2 условных единиц составят

$$\frac{100}{150} \cdot 0,412 \cdot 9650 = 2650 \text{ абсолютных единиц,}$$

а величина эдс $E_2 = 4 \cdot 1,11 \cdot 8700 \cdot 130 \cdot 2650 \cdot 10^{-8} = 133$ вольт, где частота $f_2 = 8700$, и $w = 130$. Таким образом, и в цепи умноженной частоты мощность и число периодов будут также недостаточны, первая примерно в 10, второе примерно в $1\frac{1}{2}$ —2 раза меньше достижимого в машинах других систем.

Предложенные автором в окончании его статьи варианты, как бы исправляющие конструктивные недостатки первоначального и уже вовсе не требующие обмоток статора, также едва ли окажутся удовлетворительными. Кпд в этих вариантах будет наверное еще ниже, чем в первом, вследствие значительно большей потребности в железе. В самом деле, в данных вариантах высота железа должна быть такова, чтобы пропустить потоки всех трубок, замыкающихся через отдельные зубцы статора и ротора, а не только одного зубца, как в предыдущем варианте и во всех других системах. Эта же необходимость в значительной высоте железа на роторе заставит еще больше уменьшить окружные скорости против применяемых у роторов, приближающихся по форме к телам равного сопротивления. Уменьшение величины полюсного деления, хотя и возможное конструктивно при условии отсутствия обмоток в каналах, неизбежно приведет к сильному уменьшению эдс, т. к. величина α/τ , как уже было указано, весьма быстро возрастает с увеличением d/b и при большом общем магнитном потоке машины мы будем иметь лишь весьма слабые пульсации его. Длинные пути силовых трубок в железе, магнитное сопротивление которых может стать уже соизмеримым с сопротивлением пути в воздухе, еще уменьшат величину пульсаций. Общее количество меди, вмещаемое в одной или небольшом числе пар широких каналов, также едва ли будет больше вмещающегося в обмотках обычных машин, где медь распределена по всей окружности статора.

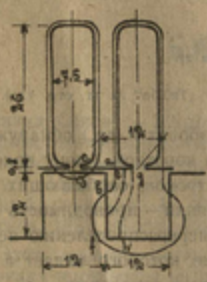
Метод непосредственного выделения 3-ей гармоники (черт. 20 и 21 стр. 197) также не сможет дать удовлетворительных значений эдс, т. к. амплитуда 3-ей гармонич. кривой черт. 21 в 3 раза меньше амплитуды основной, в чем нетрудно убедиться, разложив в ряд Фурье кривую черт. 21.

Все эти обстоятельства, сводящиеся в конечном счете к непомерно громоздким машинам на данную мощность, даже при сравнительно невысокой частоте, и недопустимо низкому кпд, вряд ли создадут широкое распространение предложенному „генератору-трансформатору“.

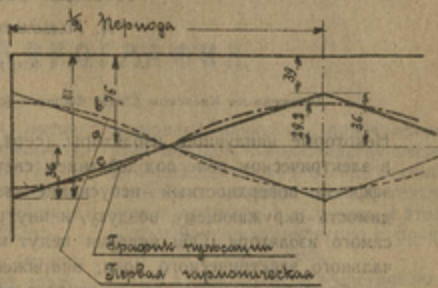
Нижегородская Радиолaborатория.

Ноябрь 1921 г.

Испытание 222

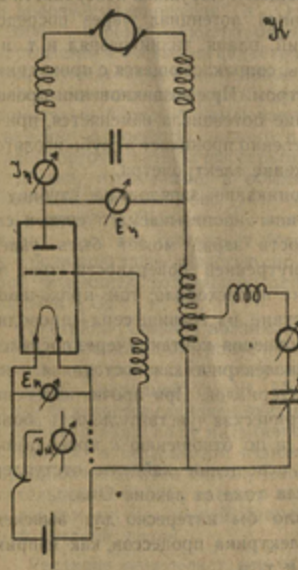


Черт. 1.

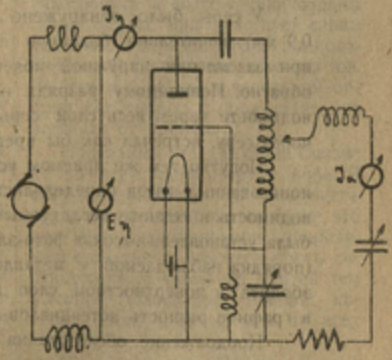


Черт. 2.

Испытание 237



Черт. 1.



Черт. 2.

Метод исследования твердых диэлектриков при помощи ионизованных газов.

А. Гольдман.

(Автореферат).

Допложено на Киевском Съезде Физиков (ср. „Титбп“ № 11, стр. 121).

Некоторые наилучшие изоляторы (сера, эбонит и др.) обнаруживают в электрическом поле под действием света короткой длины волны два эффекта: поверхностный — испускание электронов, сообщающих проводимость окружающему воздуху, и внутренний — проводимость в слое самого изолятора. Оба явления ведут к перераспределению первоначального электрического поля, напряжение которого падает в слоях, приобретших проводимость, возрастая за то в остальных.

В произведенных ранее исследованиях оба явления в значительной мере налагались одно на другое. Для изолированного наблюдения проводимости внутри диэлектрика докладчиком был разработан метод, сущность которого сводится к следующему. Наружной поверхности слоя диэлектрика сообщается определенный потенциал через посредство ионизованного газа (ионизатор: радий, пламя, тихий разряд и т. п.), в то время как внутренняя поверхность, соприкасающаяся с проводником, находится в сообщении с электрометром. При возникновении проводимости в наружном слое распределение потенциала изменяется, при чем потенциал поверхности как бы постепенно проникает вглубь изолятора, это вызывает соответствующее зарядение электрометра.

У серы было обнаружено проникание зарядов на глубину (до 0,9 мм) значительно большую глубины, произываемого светом слоя; при заземлении наружной поверхности заряд может быть увлечен обратно. Повидимому разряда на внутренней поверхности (тока проводимости через весь слой серы) не происходило; ток, проходивший через серу, встречал как бы препятствие на границе сера — проводник.

Попутно тем же приемом установления контакта через посредство ионизованных газов определялись диэлектрическая постоянная и проводимость в темноте исследуемых материалов. При прочих измерениях была установлена высокая фото-электрическая чувствительность эбонита (порядка наблюдаемой у металлов), а по отношению к проводимости эбонита в поверхностном слое при освещении найдены отступления в графике разность потенциалов — сила тока от закона Ома.

Продолжение обследования было бы интересно для выяснения характера происходящих внутри диэлектрика процессов, как например „утомление“ (уменьшение крепости) и т. п.

БИБЛИОГРАФИЯ.

Техника Связи. — Журнал, посвященный технике и организации почты, телеграфа, телефона и радио. № 1. — Август. Издание НКПит. Ответственный редактор А. Ф. Шевцов. Москва. 1921. 88 стр. 12000 экз.

Этот первый выпуск нового журнала производит на всех, знакомящихся с ним, самое благоприятное впечатление. Действительно, интересные статьи, разбитые на отделы: „Техника и организация связи“, „Изобретения, усовершенствования и деловые предложения“ и „Отдел теории“, хорошо иллюстрированные чертежами и большими цинкографиями, отпечатанными на меловой бумаге, заботливо подобранный „Осведомительный отдел“, заключающий сведения о новинках нашего и заграничного строительства, серьезные рецензии, написанные, в общем, в благожелательном тоне, „Справочный отдел“, „Переписка с издателями“ — все это составляет богатое и с большою тщательностью собранное редакцией содержание первой книжки „ТС“.

„Техника Связи“ возникла на месте, осободившемся после прекращения журналов: „Радиотехник“ и „Техника народной связи“. Новый журнал является слиянием этих двух органов в один; но не механическим слиянием, а результатом взаимного проникновения идеи чистой, безотносительной техники сидеею о жизни, в данном случае — нашей, современной русской жизни.

Редакция определяет две основные задачи, стоящие перед журналом:

1) Ознакомление с методами органи-

зационной науки и с применением этих методов к производству связи. 2) Освещение в журнальных статьях отдельных производственно-технических вопросов с подходом к этим вопросам преимущественно с практической точки зрения.

Что же касается до теоретических статей, то „ближайшую их целью является повышение квалификации непосредственно занятых в производстве техников, конечная же цель — протекающее отсюда повышение производительности их труда“.

Живой подход, жизненная конечная цель каждого изобретения, каждого технического плана, каждой теоретической выкладки — таков идеал содержания нашего нового журнала; при таком содержании журнала его сотрудники будут также участвовать в возрождении страны своим пером, как участвует своим действием напр. Нижегород. радиолaborатория, „где, по выражению тов. Любовича, „наука, в заводской обстановке творит и производит, не отставая от времени“.

Программа эта „Техники Связи“ не во всех своих чертах нова. Я могу утверждать, что она очень трудна для редакции; тем более, что под нею, без упоминания, подразумевается еще и обязательность со-ответствия содержания статей тем высшим положениям знания, которые „для всех времен и всех народов“.

Первый выпуск „Техника Связи“ гораздо большею своею частью относится к радиотехнике, чем к почте, телеграфу и телефону. Как

будто, влившаяся в него струя „Радиотехника“ пересилила другие. Возможно, что это случайное явление в первой тетради. Во всяком случае, этот первый № представляет собою серьезное явление в нашей радиотехнической литературе, и мы должны приветствовать его, как таковое, и пожелать редакции преодолеть трудности по существу предпринятого дела и те „в сильнейшей степени по прежнему“ препятствующие осуществлению дела технические условия, о которых упоминается в статье от редакции.

В. Лебединский.

Нижег. Радиолаборатория.

1 дек. 1921.

Несколько слов тов. Делакроа. — В журнале „Техника Связи“ № 1 В. Делакроа очень дурно отзываясь о книге Бангя „Элементарные основы беспроволочной телеграфии“, приведя из нее целый ряд, смешных, „неверных“, „волянистых“ мест, критик говорит: Нельзя не признать, что такие места (а их можно было бы перечислить еще очень много) лишают книгу всякого значения и интереса. Далее он приводит, правда, „ценные“ места книжки Бангя, но все же заключает соображением, что сравнение главы из Бангя об атмосферных разрядах („ценной“) со статьей А. В. Дикорева дает „ясно почувствовать, что дано в переводной книжке англичанина и что можно было бы дать в действительности“. Эта последняя в рецензии фраза остается необъясненной, но, вероятно, является хорошим заключением для „дурного отзыва“.

Как редактор русского перевода (1919 г.) книжки Бангя, и потому близко знающий содержание ее, я

заинтересовался вопросом, почему книга, столь широко распространенная в Англии, переведенная на другие европейские языки, при несомненном наличии в Европе людей, понимающих электрические явления, встретила такой дурной прием со стороны нашего рецензента?

Рецензент наш, по моему, стал на неподходящую позицию знатока, улыбающегося, намекающего на то, что „мы знаем“. С этой позиции книгу, написанную, как это заявлено в предисловии автора, для подростков, для детей, нельзя оценить. Выходит, что В. Э. Делакроа смеется над кругозором подростков, противоставляет ему кругозор своего „мы“. Могу только повторить из сказанного мною в „Радиотехнике“, в 1919 г., № 8 стр. 338, хотя я не имел в виду В. Э. Делакроа: много знающий по радиотелеграфии может остаться недовольным некоторыми местами этого учебника. И далее, говоря о возможных случаях кажущегося противоречия между популярным изложением и научной истиной, я писал: — „Редакцией все сделано, чтобы таких случаев не было, и не следует поспешно заключать, что они имеются“. Наконец, я отмечал (стр. 339), что книжка Бангя не есть популярное изложение научных положений, но упрощенное объяснение практических навыков, и только.

Тов. Делакроа с неверной точки зрения рассматривал книжку Бангя и пришел к неверному заключению. На самом деле, она остается удачным выполнением своего задания.

В. Лебединский.

Радиопередача на большие расстояния. Э. Луз. Перевод из Electrician 1921 г. Г. Коношкова. 7 стр. Напечатано на машинке. Издание Всерадиаса (см. „ТГТбл“ № 11, стр. 122).

ИЗ ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

О качествах отправителей незатухающих колебаний (дуг, машин и ламп). *Гр. Арко.*—Современ искровых отправителей все еще принято дальность действия отправителя оценивать исключительно по мощности излучения, не принимая во внимание качественных особенностей его энергии, каковые имеют для приемника с высокой избирательной способностью большое значение.

В настоящей фазе развития этой области подобное допущение не может более иметь места. Сила приема, поскольку она является следствием процесса накопления колебательной энергии за определенный промежуток времени, и также отделение от всякого рода мешающих действий должны рассматриваться, как основной критерий для определения дальности действия отправителя.

Из трех методов, которые в настоящее время применяются для возбуждения незатухающих колебаний, именно машины, дуги и катодной лампы, возбуждение машиной находится сейчас в такой стадии развития, которая заставляет ждать в ближайшем будущем выполнения необходимых условий для получения постоянства длины волны, в то время, как катодной лампой это постоянство уже достигнуто. Лишь дугу в этом отношении приходится признать безнадежной.

Итак, для определенной дальности действия и при условии необходимого устранения мешающих действий в приемнике, необходимо теперь считаться не только с мощ-

ностью излучения незатухающего отправителя, но также и принять во внимание определенные требования относительно свойства формы энергии отправителя. Между тем как лучшие волномеры, которые основаны на принципе резонанса, могут измерить волну отправителя с точностью не превышающей 0,1%, в приемниках применяются такие условия, которые требуют гораздо большей точности.

Приемные контуры через уменьшение затухания делаются практически незатухающими. Накопление отправительной энергии может производиться за промежуток времени более тысячи волн. 0,1% в изменении периода волн прекращает однако накопление энергии уже после ста колебаний, а следовательно требуется чрезвычайное постоянство частоты отправителя. Совершенно подобны условия для приемника с точки зрения повышенного избирательного приема. Посредством компенсационных антенн в соединении с рамочной антенной (кардиоидная форма поля) чувствительность к колебаниям частоты отправителя еще более увеличивается. Такие приемники имеют однако то преимущество, что ничтожная часть пространства не оказывает влияния и мешающие действия из него совершенно не воспринимаются. Компенсирование же имеет место лишь при определенной частоте отправителя, для которой оно устроено. Такая же точно необходимость постоянства должна иметь место при современном многократном гетеро-

динировании, причем требуется вполне острая настройка и для промежуточных частот, получаемых посредством биения. Подобными приемами, предполагая частоту постоянной, можно одновременно увеличить и избирательную, и усилительную способность приемника. Промежуточные частоты, как получаемые процессами биения, реагируют необычайно сильно на малейшие изменения волны отправителя.

Частоты лампового отправителя так равномерны, что даже при очень медленных биениях, например 10 в секунду, можно проверить подсчетом, что в каждую секунду возникает лишь по 10 импульсов; постоянство же при дуговом возбуждении так плохо, что даже тоны нескольких сот биений в секунду едва носят характер тонов.

Дуговой лампе нельзя больше ставить только одно требование, чтобы ее частота, определяемая волномером или иным чувствительным резонансным методом, была гораздо более постоянна, чем это достигнуто до настоящего времени, но теперь она должна удовлетворять новым условиям: при данной частоте, отдельные амплитуды по своей интенсивности должны следовать настолько правильно, чтобы тоны биения могли быть доведены до отсчитываемой частоты, которая при этом должна оставаться постоянной. Подобное постоянство едва ли сможет быть достигнуто при помощи дугового генератора. Из этих соображений явствует, что при одинаковой нагрузке в антенне не всегда можно предположить при дуговом генераторе такую же дальность действия и пропускную способность, как при машинном и ламповом генераторе.

Практикой неоднократно было установлено преимущество при данной мощности машины высокой частоты в сравнении с дугой, так например, у нас в обществе Telefunken доктором Эзау (Аннаполис и Мерион), затем обществом Мар-

кони в Англии и, наконец, профессором чилийской высшей школы в Лиме, который произвел очень точные сравнительные измерения Аннаполиса и Мерион. Станция Аннаполис является одной из лучших современных дуговых радиостанций и работает в особо благоприятных для дуги условиях чрезвычайно длинной волны в 17 км. При этих измерениях получилось, что одинаковая сила приема имеет место для дуги и машины лишь тогда, когда дуга работает мощностью излучения втрое большей, чем машина. Затем, т. к. машина в настоящее время имеет вдвое или втрое большие колебания, чем лампы, то можно положить, что в сравнении с лампой дуга даст одинакового качества прием лишь тогда, когда мощность излучения у нее в 10 раз больше.

Устройство новых видов приемников идет несомненно вперед в направлении все большего аккумулялирования энергии и улучшения избирательной способности, чтобы можно было удовлетворяться все меньшими мощностями отправителя. Поэтому вышеприведенные относительные числа станут в будущем значительно более благоприятными для ламп и менее благоприятными для дуг.

Весьма неблагоприятный в настоящее время для ламп большой эксплуатационный расход вследствие частой порчи их должен будет понизиться путем применения более низких температур нити и достижения таким образом большей продолжительности действия ламп. Во всяком случае в настоящее время для станций средней величины современные требования постоянства волны, избирательной способности уже говорят в пользу лампового передатчика и против дугового, тогда как для станций большой мощности уже давно установлено в кругах специалистов преимущество машин по сравнению с дугой.

С. Гоп.

(Telefunken-Zeitung № 22, März 1921).

Покрытое электролитически медью и оцинкованное железо в поле высокой частоты. Г. Преунер и Л. Пунгс. Металлические части в полях высокой частоты могут явиться причиной увеличения затухания вследствие появляющихся паразитных токов. В первое время после изобретения радиотелеграфа при конструировании приборов высокой частоты избегали пользоваться металлическими частями в качестве подпорок, держателей, остовов катушек и т. д. В настоящее время, с прогрессом техники высокой частоты, стали делать остовы отправителей из плоского и углового железа, покрывая их листовую жстью, ящики для катушек из меди и цинка и т. д. Так как железо является в смысле паразитных токов особенно неблагоприятным, то для уменьшения потерь железные части можно накрывать пластинами из меди, служащими экранами, или покрывать слоем электролитически осажденной меди или цинка; тогда паразитные токи образуются не в железе, а преимущественно в хорошо проводящем слое не магнитного металла и потери значительно уменьшаются. Для антенных и подводящих проводов уже применяется (Брено) стальная проволока, покрытая медью или посеребренная медная трубка. Здесь, однако, сущность дела в задаче антенны проводить бесполезные токи.

Насколько известно авторам, в литературе нет данных о величине действия подобного электролитического отложения и о необходимой его толщине, и они стремятся своей работой восполнить пробел в этой области. Они сперва разбирают важнейшие практические случаи, имея притом в виду и другую цель — измерение затухания катушек редко применимым в технике высокой частоты методом — *калориметрическим* и применяют этот метод для точнейших измерений.

При измерении эталоном сопротивления необходимо иметь слабые

токи для слабой связи, при калориметрическом же методе величина связи роли не играет и более сильный ток представляется даже более выгодным, т. к. быстрое нагревание ведет к большей точности измерений. Таким образом при калориметрическом методе можно пользоваться токами, близко воспроизводящими условия работы на практике.

При калориметрическом методе необходимо избегать металлических частей в приборе и брать толстостенные стеклянные сосуды. Все части должны быть сделаны из плохо проводящих материалов.

Примененный авторами калориметр отличался от обычной термохимической бомбы по существу лишь своими размерами и непроводящим материалом всех частей, погружаемых в сосуд, кроме подлежащих измерению. Сосуд (стеклянный) был вместимостью в 6 литров, охлаждающая трубка и мешалка были стеклянные. Для возбуждения тока высокой частоты применялась катушка, намотанная на картонный цилиндр диаметром в 10 см, высотой в 15 см. Катушка состояла из 130 оборотов медной проволоки в 1 мм в диаметре с омическим сопротивлением в 0,89 омов и коэффициентом самоиндукции 860000 см. В поле этой катушки вносились металлические части, о чем ниже. Так как в сосуде с парафиновым маслом размешивание должно быть очень интенсивнее, то катушка, внутри которой находились полукруги из вулканизированной фибры, сама служила мешалкой. При высоких напряжениях требовалась тщательная изоляция подводящих проводов и самой катушки, в противном случае внутри масла наступало искрение, едва заметное, но совершенно искажавшее результаты. Размешивание производилось электромотором с постоянным числом оборотов в минуту. Сосуд с водой, который должен был окружать сосуд с парафином для поддержания в нем

постоянной температуры, мог быть изготовлен и из металла, т. к. здесь не появляется заметных паразитных токов.

Теплоемкость стеклянного сосуда 450 калорий. Температура устанавливается в таком калориметре значительно медленнее, чем в обыкновенном. Поэтому, а также и вследствие дурной проводимости частей прибора приходилось вводить большие поправки на потери на излучение и проводимость.

Чтобы уменьшить источники ошибок, зависящих от этих потерь, для определения эффективного сопротивления катушки применялись переменный ток высокой частоты и затем постоянный ток. Тогда, если i_k и ω_k суть эффективные значения силы тока и сопротивления, T_k и t_k — значения исправленного повышения температуры и продолжительность опыта для колебательного тока и i_n , ω_n , T_n и t_n — соответствующие значения для постоянного тока, тогда имеет место равенство:

$$\omega_k = \omega_n \frac{T_k i_n^2 t_n}{T_n i_k^2 t_k} \quad (1)$$

Если наблюдаемые повышения температуры T_k и T_n и времена t_k и t_n приблизительно равны между собой, то потери тепла, равные при опытах с постоянным и переменным токами, могут не приниматься во внимание.

Сначала производят опыты с током высокой частоты. Если теплоемкость калориметра приблизительно известна, то определением сопротивления катушки при постоянном токе можно вычислить силу тока i_n . Температура жидкости в калориметре должна быть при различных опытах примерно одинаковая и приводиться к одной температуре.

Для определения происходящего вследствие действия паразитных токов повышения температуры T служит равенство:

$$T = T_1 - T_2 = \frac{t_1 + t_2}{2} \cdot t, \quad (2)$$

представляющее собою разность измеренного термометром полного нагревания калориметра и среднего нагревания окружающим пространством за время между моментами включения и размыкания тока. В равенстве (2) t_1 и t_2 обозначают изменение температуры за минуту при наступившем постоянстве, перед включением тока и соответственно после размыкания его; T_1 есть температура при включении тока, T_2 — полученная посредством экстраполяции при выключении.

Поправки на температуру оказывались в конце концов, как показали опыты с постоянным током, настолько точными, что из равенства

$$i_n^2 \omega_n t_n \cdot 0,24 = W \cdot T_n,$$

где i_n выражен в амперах, ω_n — в омах, t_n — в секундах, T_n — в градусах Цельсия, при взятой раз для всех случаев теплоемкости воды W , и из соответствующего равенства для тока высокой частоты можно получить эффективное значение для высокой частоты ω_k и пользоваться постоянным током лишь для контроля, по форм. 1. Бекмановский термометр давал точность до 0,01 градуса, а при помощи лупы можно было производить измерения до 0,001 градуса. При замыкании тока высокой частоты термометр приходилось вынимать из парафинового масла, т. к. ртуть нагревалась паразитными токами на несколько градусов; при включении тока термометр опять опускался в ванну. Поэтому нельзя было производить измерений температуры каждую минуту, а приходилось прибегать к экстраполяционному методу определения T , что не давало возможности получить обыкновенным путем точной поправки. Различие между измерениями при постоянном и при переменном токах

было все же весьма мало (около 0,3%).

Ток пропусклся от 7 до 12 (обычно 10) минут, повышение температуры было от 1 до 3 градусов; измерения температуры t колебались от 0,001 до 0,008 градуса. Для возбуждения в катушке тока высокой частоты обычно пользовались ударным возбуждением, иногда же незатухающими колебаниями от дуги Поульсена. Точность полученного результата для эффективного сопротивления достигала обычно 2%.

Значения действующего сопротивления катушки определялись в пределах воли от 750 до 3300 мт при различных условиях.

Сперва вблизи катушки не находилось металлических частей; затем последовательно приближались железные круглые пластинки, покрытые медной или цинковой, или слоем электролитически осажденной меди или цинка; затем брались медная и цинковая пластинки, и, наконец, в катушку вставлялись сердечники — полый железный цилиндр и такие же цилиндры, покрытые слоем меди или цинка.

Пластика и цилиндр покрывались слоем меди или цинка лишь с одной стороны. Покрытие с обеих сторон уменьшало действующее сопротивление незначительно, напр. для железной пластины в 135 мм в диаметре и 2,6 мм толщиной, покрытой слоем меди в 0,03 мм, около 4%.

Для всех случаев получается увеличение сопротивления с уменьшением длины волны.

Железная пластина упомянутых выше размеров, находящаяся на расстоянии 16 мм от нижней плоскости катушки, увеличивает эффективное сопротивление в 2,3 раза; помещенный внутри катушки железный цилиндр в 3 см в диаметре, 12 см высоты и 2,6 мм толщины — примерно в 7 раз.

Слой меди от 0,03 до 0,04 мм или цинка приблизительно в 0,1 мм

достаточен для уменьшения сопротивления до незначительной величины. Покрытие железных пластин медными или цинковыми толщиной в 1 или $\frac{1}{2}$ мм вполне уничтожает потерю энергии в железе и дает те же результаты, что одни пластинки из меди или цинка. Толщина слоя меди в 0,5 или 1 мм настолько велика, что уже не влияет на результат, а получившееся малое увеличение эффективного сопротивления объясняется лишь возникновением паразитных токов в медном и цинковом кружках. Разницы в повышении сопротивления при цинковой и медной пластинах заметить не было возможности, — малая электропроводность цинка не чувствовалась¹⁾.

При гальваническом покрытии медью или цинком влияли на действующее сопротивление как толщина слоя, так и проводимость отлагающегося металла. Слой цинка в 0,07 мм лучше действует, чем слой в 0,03 мм, но хуже, чем слой меди в 0,03 мм толщиной.

Выводы: 1) Электролитическое осаждение меди слоем в 0,03—0,04 мм на поверхность железа является уже достаточным при токах высокой частоты, для предохранения от потерь.

2) Для цинка подобное предохранение от потерь достигалось при слое в 0,1 мм.

Киль, март 1910.

(Verh. d. D. Phys. Ges. № 17/18, 1919).

С. Гор.

Калориметрическое определение коэффициента полезного действия отправительных ламп. Г. Преунер и Л. Пунгс. — При ламповом отправителе можно говорить о коэффициенте полезного действия как всей схемы, так и самой лампы. Первый может быть определен обычным для практики способом — отношением пол-

¹⁾ Ср. Никитин. "Титон" № 6, стр. 101 и след. "Рад." № 14, стр. 430 и след.

ной нагрузки антенны (излучение и потери) к питающей электрической мощности, второй посредством отношения превращенной в колебания мощности к непосредственно доставленной лампе. Различие между обоими определениями является следствием потерь вне лампы. Общий кпд определяется посредством измерения мощности доставленной установкой, затухания в контуре антенны и антенного тока. Для определения кпд отправительной лампы может служить равенство

$$\text{кпд} = \frac{\text{мощк. питающей лампы} - \text{потери в лампе}}{\text{мощность питающей лампы}}$$

т. к. числитель дает количество энергии превращенной в колебания.

Определение потерь в лампе электрическим путем связано с большими трудностями по технике измерений. Напряжение и ток лампы пульсируют с высокой частотой, поэтому надо произвести измерение мощности помощью электрометра, что представляется весьма затруднительным.

Мейснер¹⁾ строил характеристики тока и напряжения в лампе и из них находил потери в лампе.

Целесообразным методом для определения потерь в лампе представляется калориметрический, в котором превращенная в тепло энергия измеряется непосредственно. Т. к. при надлежащей установке потери между отправительной лампой и антенным контуром исчезающе малы, то метод может служить для определения антенной энергии, не требуя измерения затухания. Для лабораторных исследований метод является особенно подходящим. Предполагается, что калориметрические измерения производятся с достаточной степенью точности.

При производстве опыта включенная в отправительный контур лампа погружается в калориметр.

Главная трудность калориметрического измерения заключается в медленном установлении одинаковой температуры жидкости калориметра и нагретых внутренних частей катодной лампы. Удовлетворительные результаты получаются при одинаковости условий всех опытов²⁾.

Сперва с помощью обыкновенной электрической лампочки с металлической нитью определялась точность измерения количества тепла, выделяемого электрически накаленными телами в эвакуированных стеклянных сосудах.

Жидкостью для калориметра служило парафиновое масло, находившееся в металлическом сосуде в 3½ литра вместимостью. Электрические и термические измерения израсходованной в лампе энергии отличаются на 1,2%.

Во избежание паразитных токов металлический сосуд калориметра был заменен стеклянным емкостью в 6 литров. Т. к. вследствие теплового излучения калориметрически определенное значение израсходованной энергии было на 10% меньше определенного электрически, стеклянный сосуд был покрыт с наружной стороны черным лаком, а сверху масло защищалось крышкой из вулканизированной фибры. Этими мерами излучение тепла было настолько уменьшено, что измерение калориметрическое отличалось от электрического лишь на 1%. Отправительной лампой служила или лампа фирмы Телефуикен (75 ваттная, накал 3 амп., 11—12 вольт), или фирмы Мюллер (Гамбург). Эти лампы были помещаемы (своими контактами для подведения тока наверх) посреди сосуда и кольцеобразной мешалки; они покоились в соответственно выдолбленных эбонитовых подкладках. Держателями ламп служили тонкие латунные стержни, подводившие в то же вре-

¹⁾ A. Meissner, Elektrot. Zeitschr. 1919, S. 65 и. 78.

²⁾ Сравни стр. 235 и след.

мя ток накала.

Электрическая энергия доставлялась машиной в 500 периодов. Посредством трансформатора и аргонового выпрямителя она преобразовывалась в постоянный ток в 2000 вольт, 0,1 ампл. Изменением первичного напряжения можно было менять потенциал анода в широких пределах и точно устанавливать его. Измерялся он посредством вольтметра с вращающейся катушкой на 3 вольта при 1000 омах сопротивления с добавочным сопротивлением в 700000 омов. Сила тока в контуре анода измерялась миллиамперметром. Антенна заменялась колебательным контуром переменной емкости (около 500 см). Связь была индуктивная. Длина волны около 600 м. На черт. 1 (стр. 229) изображена схема соединений, причем трансформатор и выпрямитель не изображены.

Энергия накала может быть точно установлена и измерена. Т. к. электронный ток течет по нити к отрицательному полюсу батареи высокого напряжения то в направлении тока батареи накала, то против него, то амперметр показывает в цепи накала то больший ток, то меньший, смотря по тому, где он включен. Поэтому для амперметра был применен переключатель (черт. 1) и из двух значений определялся ток накала. Теплоемкость калориметра определялась электрическим методом с помощью константановой проволоки (6 омов), погруженной вместе с катодной лампой в парафиновое масло. При применении отправительной лампы постоянное изменение температуры достигается лишь через 30—40 минут после выключения. Что точность измерений все же достаточна, показывают опыты, в которых через лампу пропусклся лишь ток накала. Было найдено, например: теплоемкость калориметра $c = 2750$ калорий, эдс накала $E_n = 10,95$ вольт, сила тока накала $I_n = 3,05$ ампер, время протекания тока $t = 600$ секунд, из-

меренное, исправленное повышение температуры $\tau = 1,76$ градуса. Из этих чисел количество ватт получается при измерении электрическим методом 33,4, а термическим 33,8, т. е. согласие до 1,2%.

Т. к. применение металлического сосуда для калориметра давало надежду на более удобное и точное производство измерений, в сосуд погружался цилиндр из листового цинка и исследовалось его влияние на результаты наблюдений, когда в лампе возбуждались колебания. Переменное поле оказалось слишком малым для возбуждения в металле заметных паразитных токов.

Поэтому дальнейшие измерения с целью повышения точности результатов производились в цинковом калориметре больших сравнительно с прежним размеров: диаметр сосуда был 25 см, высота — 30 см. Тепловой эквивалент этого калориметра с аппаратами был определен в 5750 — 5800 калорий. Мешалка состояла из трех продырявленных горизонтальных колец из вулканизированной фибры шириною в $4\frac{1}{2}$ см, которые удерживались стержнями из эбонита на расстоянии около 5 см; около 80 подъемов и спусков в минуту было достаточно для размешивания парафинowego масла. Температура измерялась Бекмановским термометром (см. стр. 236). С целью применения лампы при обычных для работы условиях, она приключалась к малому передатчику фирмы „Телефункен“ (черт. 2). Связь была емкостная. Волна в искусственном контуре была опять 600 м.

Экспериментально определялись следующие величины:

I_n и E_n — сила тока и напряжение подведенного постоянного тока при возбуждении колебаний, I_n^0 и E_n^0 — сила тока и напряжение подведенного постоянного тока при отсутствии колебательного тока, I_n — сила тока в колебательном контуре (антенне) в амперах.

$W_n = I_n^0 \cdot E_n^0 + I_n \cdot E_n$ — элект-

рически измеренное количество ватт при употреблении лампы без колебаний,

$$W_k = \frac{C \cdot \tau \cdot 4,2}{t} - \text{калоримет-}$$

рически измеренное число ватт, причем мощность тока накала $I_n \cdot E_n$ входит в выражение W_k ,

$$\delta_1 = \frac{W_c - W_k}{W_c} \cdot 100 - \text{разность}$$

в процентах между электрически и термически измеренной мощностью,

$W_c = I_n \cdot E_n + I_a \cdot E_a - W_k$ — число ватт израсходованное вне лампы,

$$\eta = \frac{W_c}{I_n \cdot E_n} \cdot 100 - \text{коэффициент}$$

полезного действия лампы, не принимая во внимание накала,

$$\eta_k = \frac{W_c}{I_n \cdot E_n + I_a \cdot E_a} \cdot 100 - \text{коэф-}$$

фициент полезного действия лампы, принимая во внимание накал,

$W_a = R_a \cdot I_a^2$ — нагрузка в колебательном контуре (нагрузка антенны),

$$\delta_2 = \frac{W_c - W_a}{W_c} \cdot 100,$$

t — температура анодной пластинки в градусах Цельсия,

C, τ, t, I_n, E_n имеют прежние значения (см. стр. 239).

В первом опыте калориметр был стеклянный, во втором и третьем из листового цинка. Разница в полученных коэффициентах полезного действия ($\eta_k = 48\%$ и $53,5\%$) объясняется различным накалом.

Второй опыт с почти той же силой тока и напряжением, как и первый, но с цинковым калориметром, дал также кпд $\eta_k = 48\%$. Для 1 и 3 опытов получились согласные данные 11,4 и 11,1 для $\frac{W_c}{I_a^2}$, со-

ответствующего приблизит. сопротивлению контура антенны, если расход энергии W_c имел место главным образом в контуре антенны.

В опыте 2 колебательный контур выключен и поэтому вся измеренная электрическим методом мощность превращается в калориметре в

тепловую. Измерение дало разлчие $\delta_1 = 0,9\%$. Этот хороший результат получился после ряда наблюдений, в которых электрически определенное число ватт было значительно выше, чем затраченное в калориметре. Причина заключается в возникновении колебаний совсем малой длины волны, которые имеют место и при выключенном колебательном контуре, в проводах. Изменением схемы удалось устранить эту ошибку.

Наблюдения по схеме черт. 2 производились с цинковым калориметром при емкостной связи, с новой телефоненской лампой (ток накала около 3 амп, напряжение 11—12 вольт) и лампой фирмы Мюллера (ток накала 4,7 амп, напряжение 12—13 вольт). Для телефоненской лампы η_k был определен из двух измерений в 57,5% и 57%, для мюллеровской лампы в 59,3%. При параллельном включении нескольких ламп большею частью получались меньшие значения. Конечно из этих данных нельзя делать вывода о качестве ламп, т. к. кпд определяется различными факторами, независимыми от конструкции ламп, как то накалом, связью и т. д. При выключенном колебательном контуре электрически и термически измеренная энергия отличалась на $\delta_1 = 1,2\%$ для телефоненской лампы и на $\delta_1 = 0,6\%$ для мюллеровской. Для подсчета мощности было определено затухание антенного контура электрическим методом. В контуре антенны посредством слабой связи с малым ламповым генератором возбуждались незатухающие колебания и помощью добавочного сопротивления определялось известным путем сопротивление колебательного контура антенны R_a . Отсюда получались значения мощности антенны W_a , с которыми можно было сравнить полученные калориметрически значения W_c . Для телефоненской лампы без включенного колебательного контура получено было $W_a = 186$ ватт, а $W_c = 190$

ватт; для этой же лампы с включенным контуром антенны $W_a = 206$ ватт, а $W_c = 211,5$ ватт; для мюллеровской лампы с включенным контуром $W_a = 230$ ватт, а $W_c = 234$ ватта. Следовательно W_a и W_c различались соответственно на 2,6%, 2,3% и 1,7%, т. е. в среднем на 2,2%, каковое различие находится уже в пределах ошибок наблюдений, если принять во внимание неточность измерений тока высокой частоты и сопротивления. Поэтому из различия значений W_a и W_c нельзя заключить о величине потерь токов решетки и анода во внешнем контуре. Что же касается полного кпд, то из согласования результатов измерений можно заключить о полной пригодности калориметрического метода для его измерения.

Результаты были проконтролированы методом проф. Баркгаузена, основанном на измерении температуры оптическим способом. По этому методу измеряется нагревание калориметра с включенным колебательным контуром; затем колебательный контур выключается и потенциал анода повышается до установления той же температуры цилиндра, как и в первом опыте. Из этих двух опытов легко вычислить кпд в предположении, что при выключенном контуре антенны никаких колебаний не образуется. При оптическом методе равенство температур определялось одинаковым накалом катодной и угольной лампы. Он позволял

устанавливать анодный ток с точностью до 1% при одинаковом токе накала. Согласование значений энергии при включенном и выключенном колебательном контуре является достаточным, напр., для телефоненской лампы при включенном контуре $W_k = 157$ ватт, а при выключенном контуре $W_k = 158$ ватт; для Мюллеровской лампы при включенном контуре $W_k = 160$ ватт, а при выключенном — $W_k = 155$ ватт.

$$\text{Выражение } \frac{I_a \cdot E_a - I_a^0 \cdot E_a^0}{I_a \cdot E_a + I_a^0 \cdot E_a^0} \cdot 100$$

дает коэффициент полезного действия лампы при помощи электрических измерений мощности, при одинаковой температуре анода и одинаковом накале.

Из опытов с телефоненской и мюллеровской лампами получились значения кпд по оптическо-электрическому методу 56,5% и 60,3%, а по термоэлектрическому 57,5% и 59,3%. Сравнение обоих методов дает благоприятное согласование результатов, причем оптический метод требует меньшей затраты времени, но калориметрический все же является более надежным и точным, т. к. при оптическом методе нельзя учесть потерь тока в цепи решетки, особенно заметных при аномальных лампах.

Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. Bd. 15, Heft 6.

C. Гор.

Х Р О Н И К А.

Радиоассоциация.

1-й Всероссийский радиотехнический съезд в Нижнем-Новгороде, собиравшийся 10—12 сентября 1920 г., заслушав в заключительном вечернем заседании 12-го сентября доклад инженера С. М. Айзенштейна „Об учреждении радиоассоциации“, а также и проект положения, составленный профессором В. Ф. Миткевичем, вынес следующие резолюции:

1) Считать своевременным и весьма желательным учреждение радиоассоциации.

2) Избрать комиссию из пяти лиц для окончательной разработки положения о радиоассоциации и устава ее и подготовки к ближайшему времени 1-го собрания членов-учредителей.

В организационную комиссию были избраны: проф. А. А. Петровский, проф. В. Ф. Миткевич, Л. Н. Салтыков, инж. С. М. Айзенштейн и инж. В. И. Баженов.

В течение зимы организационная комиссия разработала положение о радиоассоциации, которое и получило утверждение Н. Т. О. при В. С. Н. Х. 28 января 1921 г. в редакции, которая приведена ниже.

Согласно этому положению десять нижепоименованных организаций являются членами-учредителями, причем каждая из них посылает в Совет радиоассоциации одного представителя и одного заместителя. Соответственно трем городам, около которых сгруппированы эти организации, образовались три центра радиотехнической деятельности, из которых Петроград и Москва сфор-

мировали „местные группы“.

Весною 1921 г. Петроградская группа занялась подготовительной работой по созыву 1-го собрания всех членов-учредителей. Этот 1-й Совет всей радиоассоциации был намечен на июнь и состоялся в Петрограде с 6 по 10 июня 1921 г. На нем присутствовали представители и заместители от восьми членов-учредителей (отсутствовали Нижегородская радиолaborатория и радиолaborатория секции радио), которые на девяти заседаниях обсудили и разрешили целый ряд вопросов, касающихся организации работы радиоассоциации. Заседания происходили: 1) в Доме ученых, 2) в Главной палате мер и весов, 3) в Государственном научно-техническом институте, 4) из радиозаводе морведа, 5) на заводе бывшем Сименс-Гальске, 6) в Электротехническом институте, 7) и 8) в 1-м политехническом институте, 9) в ПО РОРИ. Первое заседание было посвящено информации организационного комитета и выборам, а также сопровождалось осмотром помещения читальни клуба ученых; каждое из шести следующих заседаний заключало в себе доклад представителя той лаборатории, в которой заседание происходило, доклад, сопровождавшийся осмотром самой лаборатории и других наиболее связанных с ней помещений; восьмое заседание было целиком предоставлено докладам иногородних, а девятое—обсуждению очередных вопросов, сводке постановлений и выборам постоянного президиума радиоассоциации. В субботу

10 июня радиоассоциация в полном составе была приглашена Советом старшин клуба ученых для совместной дружеской беседы, причем проф. А. А. Петровский сделал для посетителей клуба ученых доклад на тему: „Радиотехника, ее современные успехи и будущие перспективы“.

Доклад сопровождался демонстрациями радиотелефона и музыкального радиоприемника, которые были устроены Л. С. Терменом.

Ниже приведена таблица, из которой можно видеть всю структуру радиоассоциации.

Президент Радиоассоциации *проф. А. А. Петровский* (Петроград).

Вице-президент „ *проф. М. В. Шулейкин* (Москва).

Ученый секретарь „ *инж. В. И. Баженов* „

Петроградская группа.

Председатель *проф. А. А. Петровский*.

Тов. председателя *инж. Н. Н. Циклинский*.

Секретарь *инж. В. С. Габель*.

Учреждение.	Представитель.	Заместитель.
1. Государственный Научно-Технический Институт.	Проф. А. А. Петровский	Р. В. Держантов
2. Радиозавод Морвед.	Инж. Н. Н. Циклинский	Инж. В. И. Волякин
3. Электротехнический Институт.	Инж. И. Г. Фрейман	Инж. А. П. Селезнев
4. 1-й Политехнический Институт.	Проф. А. А. Чернышев	Проф. В. Ф. Маткевич
5. Главная палата мер и весов.	Л. Д. Исаков	Инж. В. С. Габель
6. Бывш. завод Сименс-Гальске.	Инж. А. А. Савельев	Инж. Л. И. Савельев

Московская группа.

Председатель *Проф. М. В. Шулейкин*.

Тов. председателя *Инж. С. М. Айзенштейн*.

Секретарь *Инж. Н. П. Гаряев*.

Учреждение.	Представитель.	Заместитель.
1. Российское О-во радиоинженеров	Проф. М. В. Шулейкин	Инж. В. И. Баженов
2. Секция Радио.	Инж. С. М. Айзенштейн	Инж. В. М. Лебедев
3. Военная Электротехническая Академия и радиолaborатория.	И. Ф. Ладог	Н. П. Гаряев.

Нижний-Новгород.

Учреждение.	Представитель.	Заместитель.
1. Радиолaborатория.	Проф. В. П. Вологдин	Инж. П. А. Остряков
		<i>А. Петровский.</i>

Положение о радиоассоциации.

§ 1. Радиоассоциация есть научное объединение институтов, лабораторий, обществ и других учреждений и организаций, преследующих разрешение научных и научно-технических проблем в области радиотехники.—§ 2. Радиоассоциация имеет целью: а) Установление постоянного научного общения между учреждениями, являющимися членами ассоциацией. б) Согласование научной и научно-технической деятельности учреждений—членов ассоциации. в) Принятие всех возможных мер для облегчения научных и научно-технических изысканий в области радиотехники.—§ 3. Учредителями Радиоассоциации являются: 1. Нижегородская Радиолaborатория; 2. Рори; 3. Отдел Токков Большой Частоты Государственного Научно-Технического Института 4. Высшая Военная Электротехническая школа и военная Радиолaborатория; 5. Радиолaborатория Морского Ведомства; 6. Радиолaborатория Секции Радио; 7. Радиолaborатория Секции Электросвязи; 8. Радиолaborатория Электротехнического Института; 9. Радиолaborатория 1-го Петроградского Политехнического Института; 10. Радиолaborатория Электрического Отделения Главной Палаты Мер и Весов.—§ 4. Во главе Радиоассоциации стоит Совет, который осуществляет указания в § 2 цели, решает вопросы о включении новых членов ассоциации и вообще руководит всей деятельностью ассоциации.—§ 5. Совет Радиоассоциации состоит из представителей учреждений членов радиоассоциации, причем каждое учреждение назначает по одному представителю и по одному заместителю представителя. Заместителю предоставляется участвовать во всех заседаниях Совета с правом совещательного голоса. В случае отсутствия представителя решающий голос последнего переходит к его заместителю. Члены Совета делегируются на 2 года с правом дальнейшего переизбрания. § 6. Совет избирает

из своей среды президента и вице-президента Радиоассоциации сроком на 2 года, с правом дальнейшего переизбрания. Президент и вице-президент разделяют между собой обязанности по организации сессий Совета, по председательствованию в его заседаниях и по проведению в исполнение постановлений Совета.—

§ 7. Совет Радиоассоциации собирается периодически не реже 1 раза в 6 месяцев, причем местом собрания избираются города, в которых имеются организованные местные группы или одиночные члены Радиоассоциации.—§ 8. Совет Радиоассоциации периодически организует Съезды радиоспециалистов для взаимного ознакомления с научными и научно-техническими успехами в области радиотехники.—§ 9. Члены Радиоассоциации и местные группы Радиоассоциации способствуют осуществлению задач, лежащих на Радиоассоциации.—§ 10. Руководство деятельностью местной группы Радиоассоциации лежит на Совете местной группы, организуемом в том же порядке, что и Совет Радиоассоциации (см. § 5), причем представительство в Совете Радиоассоциации и в Совете местной группы осуществляется одними и теми же лицами.—

§ 11. Каждый Совет местной группы избирает на 2 года (с правом дальнейшего переизбрания) председателя и товарища председателя.—§ 12. Советы местной группы собираются не реже 1 раза в 2 месяца.—§ 13. Радиоассоциация имеет право издавать специальный орган научного и научно-технического характера.—§ 14. Ассоциация имеет свои штаты утверждаемые НТО.—§ 15. Средства на содержание Радиоассоциации, на созыв съездов, на печатание органа, на делопроизводство и на другие расходы, связанные с деятельностью Радиоассоциации, ассигнуются по смете НТО при ВСНХ.

Из жизни Нижегородской радиолaborатории.—Вследствие затруднений в получении из Петрограда

сжатого нефтегаза, стеклодувная мастерская радиолaborатории вынуждена была прекратить работу по изготовлению больших катодных ламп, необходимых для радиотелефонных передатчиков.

Тогда возникла мысль организовать отделение мастерской в Москве, где есть газ и где легче найти опытных стеклодувов.

После месяца подготовительных работ 18-го ноября состоялось открытие вновь организованной мастерской в помещении, принадлежавшем ранее Н. Т. О., на Рождественском бульваре.

В настоящее время в новой мастерской работает пять стеклодувов и три техника.

Оборудование состоит из четырех стеклодувных столов, подсосывателя газа, компрессора и небольшой сборочно-механической мастерской.

Для откачки и обработки изготовленные лампы пересылаются в Нижний-Новгород. Состоялась уже пересылка первых ламп.

Лекции с благотворит. целью. — В аудиториях Нижегородской РЛ 5 и 20 ноября 1921 г. были прочитаны В. К. Лебединским две лекции на тему: „Наука в атоме“, полный сбор с которых (около 1.300.000 р.) был передан с первой в пользу голодающих Нижнего Поволжья и с второй — в пользу студенкома медфака НГУ.

Премия. — Советом Нижегородской Радиолaborатории присуждена премия в 1000000 р. сотруднику РЛ В. В. Татаринцову за его работу: „О незатухающих колебаниях связанных вибраторов“ („Тибл“ № 11, стр. 82).

Присуждение состоялось по докладу ученого специалиста РЛ проф. Рожанского, отметившего оригинальную постановку вопроса в работе автора, всестороннее освещение его, а также интерес, который представляют результаты исследования, как в теоретическом, так и в практическом отношении.

Газовый завод. — В связи с невозможностью достать нефтегаз для выработки катодных реле Нижегородской Радиолaborатории пришлось изыскивать средства для немедленного получения газа во избежание остановки в работе. Решено было в экстренном порядке озаботиться постройкой небольшого газового завода в пределах потребностей Радиолaborатории, собственными средствами. После ряда опытов удалось устроить временный завод для добытия газа из нефти. Во дворе Радиолaborатории построено временное досчатое помещение размером 5×4 метра, сложена каменная печь и установлены одна стальная реторта, холодильник, охлаждаемый воздухом, и газочиститель.

Вся постройка была выполнена в 12 дней и завод пущен в ход 2-го ноября. За 8 часов работы в день вырабатывается при давлении водяного столба 1,2 м около 10—12 куб. м. нефтяного газа.

Вследствие получения столь удачных результатов в настоящее время ставится вторая печь с ретортой большего размера. Тогда выработка газа при давлении 1,5 мт водяного столба достигнет 4—5 куб мт в час.

К статье Н. М. Обухова. — Не касаясь по существу возможности применения для постройки машин большой частоты описанных в статье Н. М. (стр. 47 и 189) типов, т. к. этот вопрос требует подробного рассмотрения, считаю необходимым отметить лишь, что предлагаемый Н. М. тип машины не является сколько-нибудь новым и был многократно описан в литературе еще до войны.

Основным типом здесь является машина Call-Herter'a и Guy, (D. R. P. 143630), от которой описанная Н. М. Обуховым машина ни чем не отличается. Варианты этой машины были патентованы ранее многими фирмами, напр. Lorenz'ом (D. R. P. 303321) 30 окт. 1914 г. Более подробно с машинами этого рода можно познакомиться по статье инженера М. Оснос'a

(Jahrbuch, H. 4, B. 13) с дополнениями (H. 2, B. 15), а также некоторые указания можно найти в статье Schmidt'a (Jahrbuch, H. 1, B. 18. 1921).

Крайне досадно, что многие русские изобретатели при начале своих работ не считают нужным знакомиться с тем, что уже сделано в этой области за границей, и делают часто большую, но практически бесполезную работу.

В. В.

„Электричество и Магнетизм“ В. К. Лебединского рассылается Изд. Отделом Н. К. П. и Т. (Москва, Б. Дмитровка, 22) и конторою редакции „Титбл“. Временная цена 20000 руб.

Справочные записки службы телеграфа Китайской Восточной жел. дороги.—Нам прислали выпуск первый этого интересного издания (Харбин. 1921 г. 118 стр. in 4°); он состоит из десяти отделов, административного, телеграфного и телефонного (статистические), электр. сигнализации, радио, справочных таблиц и т. д. В отделе радио находим перевод инж. Пухова исследования катодных реле М. Латура, „Принципы устройства радиотел. ламповых приемник. и усилит.“ А. Губарева, подробное сообщение об опытах радиотелефона Пекин—Харбин (Western electric Co) инж. Кулябко-Корецкого (см. „Рад.“ № 15, стр. 601), „Способ оживления сухих элементов“ того же автора.

„Записки“ представляют собою прекрасный образец той громадной культурной работы, которую делает К. В. ж. д. в Манчжурии.

Работы инж. Пунгса — помещенные в наст. выпуске „Титбл“, были любезно присланы автором для поль-

зования редакцией. Было бы чрезвычайно желательно, чтобы иностранные авторы, в особенности это можно ожидать от наших соотечественников, как инж. Пунгс, присылали в наш журнал свои труды по радиотехнике.

М. О. Доливо Добровольский†. — 15 ноября 1919 г. в Гейдельберге скончался на 58-м году жизни один из выдающихся электротехников нашего времени Михаил Осипович Доливо Добровольский. Он родился в Одессе, высшее образование получил в Дармштадте и всю свою большую работу жизни провел в Германии (А. Е. Г.). „Перечислить изобретения Добровольского, пишет ETZ, это значит — написать историю развития системы многофазного тока и в более широком смысле — всей немецкой электротехники“.

Большое значение в успехе проведения в жизнь идей М. О. играло его умение изображать физические явления без помощи математики, пластическими образами, легко схватываемыми окружающими людьми. Эта же форма мышления делала его, знатока мировой литературы, признанным авторитетом в вопросах жизни вообще.

М. О. приезжал в Россию сравнительно редко, участвовал своими докладами на Всероссийских электротехнических съездах.

Опечатки: в № 11 „Титбл“ вкрались опечатки на стр. 28 стр. 8 снизу написано $\lambda_2 = 2\pi \sqrt{L_0 C_0}$, следует читать $\lambda_0 = 2\pi \sqrt{L_0 C_0}$; на той же странице строка 6 снизу написано $\lambda_2 = 2\pi \sqrt{(L_0 + L_2) L_0}$ след. читать $\lambda_2 = 2\pi \sqrt{(L_0 + L_2) C_0}$.

Корректуру держал С. М. Горенко.

Чертежи исполнены В. Ф. Горюновым и отпечатаны в литографии Б. Федотова.

Р. В. Ц. Издатель: Народный Комисариат Почт и Телеграфов. Тираж 1200 экз.

Печатание „Титбл“ № 12 закончено 29 декабря 1921 года.

Адрес редакции: Н.-Новгород, Верхняя Набережная, 8.

Редактор: В. ЛЕБЕДИНСКИЙ.

246