

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Процессъ самовозбужденія динамомашинъ постояннаго тока съ параллельнымъ возбужденіемъ.

Статья А. Круковскаго.

Въ настоящее время вопросъ о процессѣ самовозбужденія динамомашинъ, несмотря на то, что теория ихъ достигла полнаго развитія, принадлежитъ къ числу почти не разработанныхъ. Въ современныхъ классическихъ сочиненіяхъ о динамомашинахъ, какъ напр., Арнольда, С. Томпсона, Каппа, Фишеръ-Гиннена и друг., можно найти лишь бѣглые указанія. Въ текущей литературѣ, насколько мнѣ известно, кроме работы Г. Гервига (Wied. Ann. 7. 1903), Г. Штерна (Untersuchungen an einer electrodynamischen Maschine) и Фрелиха (Die dynamoelektrische Maschine), имѣющихъ теперь лишь историческое значеніе, какъ первыя попытки въ этомъ отношеніи, большой интересъ представляеть статья Л. Финци, помѣщенная въ Physikalische Zeitschrift (1903. 212. 241); въ ней авторъ даетъ цѣлый рядъ экспериментальныхъ данныхъ, съ значительной ясностью характеризующихъ процессъ самовозбужденія. Резюмируя результаты своихъ опытовъ, Финци дѣлаетъ попытку дать аналитическое решеніе вопроса, пользуясь весьма упрощенными вышеніями, но приходитъ къ заключенію, что подсчетъ является невозможнымъ и приводить къ выводамъ несогласнымъ съ опытомъ.

Въ настоящей статьѣ я предлагаю аналитическое изслѣдованіе процесса самовозбужденія машинъ съ параллельнымъ возбужденіемъ.

Прежде чѣмъ приступить къ выводу основныхъ уравненій, привожу обозначенія, встрѣчающіяся въ дальнѣйшемъ изложеніи.

$E$ —электродвижущая сила динамомашины.

$n$ —полное число проводниковъ якоря.

$p$ —число паръ полюсовъ.

$p_1$ —число паръ параллельныхъ вѣтвей арматуры.

$N$ —число оборотовъ якоря въ минуту.

$\Phi_a$ —магнитный потокъ, входящій въ якорь изъ одного полюса.

$\Phi_m$ —магнитный потокъ, проходящій черезъ сердечникъ электромагнита.

$$E = \frac{p}{p_1} \frac{N}{60} \cdot n \cdot \Phi_a \cdot 10^{-8} \text{ вольт} = K' N \cdot \Phi_a = K \Phi_a$$

$R_o = R_a + R_b + R_c$ —сопротивленіе якоря, измѣряемое между отводными зажимами, считая щетки и контакты.

$R_v$ —сопротивленіе реостата регулирующаго возбужденіе.

$R_m$ —сопротивленіе одной изъ группъ электромагнитовъ.

$$R = R_o + R_v + R_m.$$

$\eta = \frac{\Phi_a}{\Phi_m}$ —коэффиціентъ разсѣянія магнитного потока.

$p_0$ —число параллельно включенныхъ группъ электромагнитовъ.

$N_0$ —число витковъ на одномъ полюсе электромагнита.

$b \cdot N_0$ —полное число витковъ, приходящееся на данную магнитную цѣнь.

$L$ —коэффиціентъ самоиндукціи реостата (C. G. S.).

$\lambda$ —величина постоянная.

$t$ —промежутокъ времени.

$x$ —сила тока, идущаго къ катушкѣ электромагнита.

$aw$ —дѣйствующіе амперъ-витки.

$$aw_m = b \cdot N_0 \cdot x.$$

$aw_a$ —амперъ-витки реакціи якоря.

$$aw_t = \text{амперъ-витки токовъ Фуко}; \frac{aw_a}{aw_m} = 1 - t.$$

Переходя къ аналитическому изслѣдованию вопроса, прежде всего необходимо дать математическое выражение измѣненія магнитнаго потока, проходящаго черезъ якорь динамомашины, въ функции дѣйствующихъ амперъ-витковъ. Изъ цѣлаго ряда предложенныхъ для этой цѣли формулъ (формулы: Каппа, Клаузіуса, Фрелиха, Флеминга и др.) весьма удобна для пользованія и даетъ хорошия результаты формула Фрелиха. Какъ известно, она имѣть слѣдующій видъ:

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C \cdot aw}{aw + A} \quad \dots \quad (1)$$

гдѣ  $\Phi_0$ —потокъ остаточнаго магнетизма,  $C$  и  $A$ —постоянныя, которые могутъ быть найдены для каждого частнаго случая по магнитной характеристицѣ изслѣдуемой машины. Въ дальнѣйшемъ

мы и будемъ пользоваться формулой Фрелиха. Съ вѣнчай стороны процессъ самовозбужденія динамомашины съ параллельнымъ возбужденіемъ совершаются слѣдующимъ образомъ. Предположимъ, что вѣнчая цѣпь и катушки электромагнитовъ не имѣютъ сообщенія съ якоремъ и динамомашинѣ дѣлаетъ постоянное число оборотовъ  $N$ . Пусть  $E_0$  — электродвижущая сила, развиваемая въ машинѣ благодаря остаточному магнетизму. Замыкаемъ цѣпь электромагнитовъ: машина начинаетъ питать электромагниты токомъ силы  $p_0x$ , который, увеличивая магнитный потокъ, пронизывающій якорь, повышаетъ тѣмъ самымъ электродвижущую силу  $E$ ; возрастаніе  $E$  вызываетъ увеличеніе силы тока  $p_0x$ , въ свою очередь увеличивающаго магнитный потокъ, а слѣдовательно, и электродвижущую силу и т. д. Процессъ протекаетъ непрерывно до тѣхъ поръ, пока сила тока  $p_0x$ , питающаго электромагниты, не возрастетъ до максимальной величины и электродвижущая сила машины не достигнетъ равновѣснаго положенія \*). При перемѣнномъ состояніи магнитнаго поля, въ сердечникахъ электромагнитовъ, станинѣ, якорѣ и другихъ частяхъ магнитныхъ цѣпей, содержащихъ проводники, будутъ развиваться токи Фуко, дѣйствующіе на магнитное поле; кроме того, извѣстное вліяніе на магнитное поле будетъ оказывать идущій въ якорѣ токъ, питающій электромагниты. Части динамомашины, въ которыхъ появляются токи Фуко, являются какъ бы вторичными цѣпями трансформаторовъ. Если принять во вниманіе сравнительную сложность геометрическихъ формъ магнитныхъ цѣпей, неизбѣжность самоиндукціи и собственного разсѣванія въ этихъ «вторичныхъ» цѣпяхъ, становится само по себѣ понятнымъ, что точное опредѣленіе размагничивающаго дѣйствія токовъ Фуко практически выполнить весьма затруднительно. Для приближенного опредѣленія амперъ-витковъ, созданныхъ токами Фуко, можно поступить слѣдующимъ образомъ. Въ какой либо части магнитной цѣпи вообразимъ иѣкоторый контуръ; электродвижущая сила  $E_f$ , вызывающая токъ Фуко въ этомъ контурѣ, будетъ удовлетворять уравненію:  $E_f = M \frac{d\Phi_a}{dt} 10^{-8}$  вольтъ, где  $M$  — величина постоянная. Если  $W$  будетъ омическое сопротивленіе контура, амперъ-витки токовъ Фуко въ контурѣ  $\Delta aw_f$  опредѣлятся изъ уравненія:  $\Delta aw_f = \frac{M}{W} \cdot \frac{d\Phi_a}{dt} 10^{-8}$ . Полная величина амперъ-витковъ для всей цѣпи:

$$aw_f = \sum \left( \frac{M}{W} \frac{d\Phi_a}{dt} 10^{-8} \right) = \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8} \sum \frac{M}{W} = \\ = S \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8}. \quad \dots \quad (2)$$

\*) Говоря о «равновѣсномъ положеніи», мы не принимаемъ во вниманіе пульсации электродвижущей силы якоря; при процессѣ самовозбужденія вліяніе пульсаций электродвижущей силы весьма незначительно и имъ мы пренебрегаемъ.

$S$  — величина постоянная, зависящая, какъ и формы магнитной цѣпи, такъ и отъ электропроводности ея частей. Для простѣйшихъ конфигурацій значеніе  $S$  можетъ быть выражено одной формулой. Въ болѣе сложныхъ случаяхъ величину  $S$  приходится находить по частямъ, разбивая магнитную цѣпь динамо на участки однообразной формой. — Такимъ образомъ магнитный потокъ, пронизывающій магнитную цѣпь машины, есть сложная функция амперъ-витковъ электромагнитовъ  $aw_m$ , амперъ-витковъ якоря  $aw_a$  и амперъ-витковъ токовъ  $aw_f$ . Принимая во вниманіе, что вектора  $aw_m$ ,  $aw_a$  обыкновенно имѣютъ разность фазъ  $= 180^\circ$  и допустивъ, что, векторъ  $aw_f$  совпадаетъ въ фазѣ съ векторомъ  $aw_a$ , для результирующихъ амперъ-витковъ мы можемъ написать слѣдующее выраженіе:

$$aw = aw_m - aw_a - aw_f.$$

Но  $aw_m = b N_0 x$ . Тогда если:

$$\left. \begin{array}{l} aw_a = b N_0 g \\ aw_f = b N_0 y \\ aw = b N_0 J \end{array} \right\} . . . .$$

формула Фрелиха можетъ быть представлена:

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C_a aw}{aw + A} = \Phi_0 + \frac{C_0(x-g-y)}{x-g-y+A_0} = \Phi_0 + \frac{C_0 J}{J+A_0};$$

такъ какъ  $g$  измѣняется пропорціонально  $x$ , имѣемъ:

$$g = (1-\tau)x.$$

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C_0(\tau x-y)}{\tau x+A_0-y} = \Phi_0 + \frac{C_0 J}{J+A_0}. \quad (3)$$

Коэффиціентъ разсѣванія магнитнаго потока  $\eta = \frac{\Phi_a}{\Phi_m}$ , обратная величина его  $\frac{1}{\eta}$  можетъ быть представлена:  $\frac{1}{\eta} = 1 + \frac{a \cdot J + b}{\Phi_a}$ , где  $a$  и  $b$  — постоянныя.

Но  $J = \tau x - y$ ; тогда:

$$\frac{1}{\eta} = 1 + \frac{a(\tau x-y)+b}{\Phi_a} = 1 + \frac{a(\tau x-y)+b}{\Phi_0 + \frac{C_0(\tau x-y)}{\tau x-y+A_0}} = \\ = 1 + \frac{(a(\tau x-y)+b)(\tau x-y+A_0)}{p(\tau x-y)+q} \quad \dots \quad (5),$$

где  $p$  и  $q$  — постоянныя.

Переходимъ къ выводу основныхъ уравненій. Для иѣкотораго момента времени  $t$  напишемъ уравненіе электродвижущихъ силъ въ контурѣ, содержащемъ якорь, реостатъ для регулированія возбуждающаго тока и одну изъ параллельно включенныхъ цѣпей электромагнитовъ:

\*) Или  $O^\circ$ , т. е. совпадаютъ. Послѣднее встрѣчає ся сравнительная рѣдко.

$$p_0 x \cdot R = K\Phi_a + \lambda \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8} - \left( p_0 L \frac{dx}{dt} + b \frac{N_0}{\eta} \frac{d\Phi_a}{dt} \right) \cdot 10^{-8}. \quad (6) *$$

$$\text{и } \frac{d\Phi_a}{dt} = \frac{d\Phi_a}{dx} \frac{dx}{dt} + \frac{d\Phi_a}{dy} \cdot \frac{dy}{dt}, \text{ тогда изъ формулы (4) } \frac{d\Phi_a}{dt} = \frac{C_0 A_0}{(\tau x - y + A_0)^2} \left( \tau \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right). \quad (7)$$

Пользуясь уравнениями (5) и (4), и подставив в уравнение (6) полученное значение  $\frac{d\Phi_a}{dt}$  найдем:

$$p_0 x \cdot R = K\Phi_0 + \frac{KC_0(\tau x - y)}{\tau x - y + A_0} - I p_0 \frac{dx}{dt} \cdot 10^{-8} + \left[ \lambda - N_0 b \left( 1 + \frac{[a(\tau x - y) + b](\tau x - y + A_0)}{p(\tau x - y) + q} \right) \right] \frac{C_0 A_0}{(\tau x - y + A_0)^2} \left( \tau \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right). \quad (8)$$

$$\text{Изъ уравнения } aw_f = S \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8} = bN_0 y \text{ и уравнения (7) } y = \frac{S}{bN_0} \cdot \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8} = \frac{S \cdot C_0 A_0}{bN_0 (\tau x - y + A_0)^2} \left( \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) \cdot 10^{-8} = \frac{D}{(\tau x - y + A_0)^2} \left( \tau \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) \cdot 10^{-8} = \frac{D}{(J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} \cdot 10^{-8}. \quad (9)$$

Уравнение (8) можно представить:

$$p_0 x \cdot R = K\Phi_0 + \frac{KC_0(\tau x - y)}{\tau x - y + A_0} - I p_0 \frac{dx}{dt} \cdot 10^{-8} + \lambda - N_0 b \left( 1 + \frac{(a(\tau x - y) + b)(\tau x - y + A_0)}{p(\tau x - y) + q} \right) \frac{C_0 A_0}{D} \cdot y. \quad (10)$$

Уравнения (9) и (10) решают вопрос о всѣхъ измѣненіяхъ при процессѣ самовозбужденія динамомашинъ съ параллельнымъ возбужденіемъ.

Непосредственное интегрированіе полученныхъ уравнений, хотя и можетъ быть выполнено, но оправдено съ довольно значительными выкладками, трудность которыхъ не окупается строгого результата.

Для упрощенія вычислений, и съ достаточной практикой точностью, можно поступить слѣдующимъ образомъ. Коефиціентъ разсѣянія магнитного потока  $\eta$  мало измѣняется при обычныхъ формахъ магнитныхъ характеристикахъ динамомашинъ, поэтому принявъ во вниманіе форму уравненія (10), будемъ его считать постояннымъ съ некоторымъ среднимъ значеніемъ  $\eta_0$ . Далѣе, мы можемъ пренебречь электродвижущей силой самоиндукціи реостата  $p_0 L \frac{dx}{dt}$ , весьма незначи-

\* Выраженіе:  $(K\Phi_a + \lambda \frac{d\Phi_a}{dt})$  представляетъ полную электродвижущую силу, развивающуюся въ якорѣ. Членъ  $\lambda \frac{d\Phi_a}{dt}$  равенъ электродвижущей силы индукции неподвижного якоря, возникающей при измѣненіи магнитного потока проходящего черезъ якорь.  $K\Phi_a$  соответствуетъ электродвижущей силѣ динамо при постоянномъ  $N$  и неизмѣнномъ магнитномъ потокѣ.

тельной въ сравненіи съ другими дѣйствующими электродвижущими силами. Послѣ такихъ допущеній, уравненія (9) и (10) получать слѣдующий упрощенный видъ:

$$p_0 x \cdot R = K\Phi_0 + \frac{KC_0(\tau x - y)}{\tau x - y + A_0} + \left( \lambda - \frac{bN_0}{\eta_0} \right) \frac{C_0 A_0}{D} y. \quad (11)$$

$$\text{и } \frac{dx}{dt} \left( \tau - \frac{dt}{dx} \right) = \frac{y}{D_0} (\tau x - y + A_0)^2. \quad (12)$$

Дифференцируя уравненіе (11) найдемъ:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{P - (\tau x - y + A_0)^2}{S + H(\tau x - y + A_0)^2} = f(x, y) \text{ изъ уравненія (12)}$$

$$dt = \frac{D_0 \left( \tau - \frac{dy}{dx} \right) dx}{y (\tau x - y + A_0)^2} \text{ и } t = D_0 \int \frac{\tau - f(x, y)}{y(\tau x - y + A_0)^2} dx. \quad (13)$$

Опредѣливъ изъ уравненія (11)  $y = \varphi(x)$  и подставивъ значение  $y$  въ подынтегральное выражение, найдемъ:

$$t = D \int_0^x F(x) dx. \quad (14) *$$

Полученное уравненіе опредѣляетъ измѣненіе тока въ электромагнитахъ въ теченіи первыаго периода самовозбужденія. Для опредѣленія измѣненій электродвижущей силы, развиваемой машиной, въ функции времени, нѣсколько преобразуемъ наши основныя уравненія. Выше (уравненіе 9) мы имѣли:

$$y = \frac{D}{(J + A_0)^2} \left( \frac{dJ}{dt} \right) \cdot 10^{-8}.$$

Уравненіе (11) можно представить въ формѣ:

$$p_0 \tau x \cdot R = \tau \left[ K\Phi_0 + \frac{KCJ}{J + A_0} + \left( \lambda - \frac{bN_0}{\eta} \right) \frac{C_0 A_0}{(J + A_0)^2} \left( \frac{dJ}{dt} \right) \cdot 10^{-8} \right], \text{ тогда } J = \tau x - y = \frac{\tau}{R p_0} \left[ K\Phi_0 + \frac{K \cdot C \cdot J}{J + A_0} + \frac{(\lambda \eta_0 - bN_0) C_0 A_0}{10^8 \eta_0 (J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} \right] - \frac{D}{(J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} \cdot 10^{-8}.$$

$$J = \frac{\tau K \cdot \Phi_0}{R p_0} + \frac{\tau K \cdot C \cdot J}{p_0 (J + A_0) \cdot R} + \left[ \frac{(\lambda \eta_0 - bN_0) \tau C_0 A_0}{p_0 \eta_0 R} - D \right] \frac{10^{-8}}{(J + A_0)^2} \left( \frac{dJ}{dt} \right) \text{ или: } \{ (p_0 R J - \tau K \Phi_0) (J + A_0) - \tau K C J \} [J + A_0] = \left[ \frac{(\lambda \eta_0 - bN_0) \tau C_0 A_0 - D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 \cdot 10^8} \right] dJ$$

$$\text{откуда } dt = \frac{(bN_0 - \lambda \eta_0) \tau C_0 A_0 + D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 (J + A_0) [\tau K C_0 J + (J + A_0) \tau K \Phi_0 - p_0 R J]} dJ \cdot 10^{-8}$$

$$\text{и } t = \frac{(bN_0 - \lambda \eta_0) \tau C_0 A_0 + D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 \cdot 10^8} \int_0^J \frac{dJ}{(J + A_0) [\tau K C_0 J - (J + A_0) (p_0 R J - \tau K \Phi_0)]} = F_1(J) \quad . . . \quad (15).$$

Зная  $F_1(J)$  и имѣя магнитную характеристи-

\* Для простоты изображения результата мы довольствуемся символической формой. Какъ легко видѣть, интеграція можетъ быть выполнена безъ особыхъ затрудненій.

ку \*) машины, легко определить и изменение электродвижущей силы динамомашины в функции времени, т. е.  $E=\Psi(t)$ . Действительно, пусть линия CD — магнитная характеристика и кривая MN изображает  $t=F_1(J)$ . Для некоторого момента времени  $t_x$  соответствующее значение J на кривой MN равно  $J_x$  (точка o). На кривой CD по значению  $J_x$  находим точку X. Тогда искомая точка кривой  $E=\Psi(t)$  будет лежать на пересечении прямых ОX' и ОO'. Аналогичным образом могут быть построены и все другие точки искомой кривой EF. (фиг. 1).

Таким образом, формулы (14) и (15) для каждого момента времени дают значения тока в электромагнитах и электродвижущей силы, развиваемой динамомашиной.

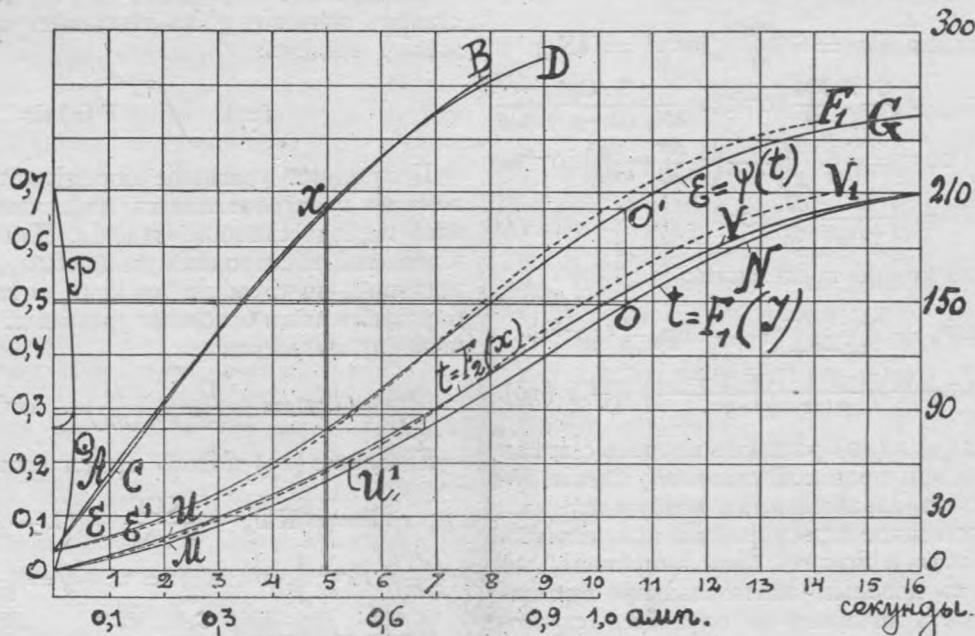
С целью проверки теоретических выводов, я исследовал, въ электротехнической лабора-

оть отдельной аккумуляторной батареи. На основании полученной из опыта магнитной характеристики машины были вычислены коэффициенты  $C_0$  и  $A_0$  формулы Фрелиха.

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C_0 J}{J+A_0} = \Phi_0 + \frac{825 \cdot 10^4 J}{J+1,9} \quad (1)$$

На фиг. 1 кривая DC получена из опыта, кривая же AB — часть гиперболы, вычисленной по формуле (16). Постоянный коэффициент был определен, пользуясь конструктивными данными машины, в предположении, что средняя проводимость материалов, из которых состоит станина, сердечники и другая часть 8,5.  $D=2 \cdot 10^8$ .

Коэффициент  $\tau$ , характеризующий влияние реакции арматуры, весьма близок к единице. Значение  $\lambda$  было определено из опыта:  $\lambda=16$ .



Фиг. 1.

тории Киевского Политехнического Института, динамомашину с параллельным возбуждением фирмой Ламайер. Основные данные машины были следующими:

Нормальный токъ 16 амперъ.

Нормальное напряжение 260 вольтъ.

$R=352$  ома при  $I=17^0$

$N=1000$  въ 1 минуту.

$p=p_1=p_0=1$   $n=640$ .

Двигателемъ служилъ шунтовый электродвигатель въ 6 л. с. фирмы Шуккертъ, питаемый

Среднее значение коэффициента размагничивания найдено из опыта  $\eta_0=0,89$ . Проинтегрировав уравнение (15) и подставивъ значения постоянных коэффициентовъ, мы получили следующее уравнение:

$$t=5,9 \left[ 0,665 \operatorname{Lg} \frac{J+0,08}{0,08} - 0,455 \operatorname{Lg} \frac{0,754-J}{0,754} - 0,21 \operatorname{Lg} \frac{J+1,9}{1,9} \right] \text{ сек.} \quad (17)$$

Пользуясь этимъ уравнениемъ, для изменения J въ предѣлахъ отъ J=0 до J=0,75 по той камъ была построена кривая MN, представляющая  $t=F_1(J)$  \*). Далѣе, по уравнению (11) былъ

\*) Магнитная характеристика должна быть получена экспериментально или вычислена, при условии, что динамо получаетъ возбуждающей токъ отъ посторонняго источника электрической энергии и, следовательно, не та реакція арматуры.

\*) Какъ видно изъ уравнения (17), теоретический токъ въ электромагнитѣ достигаетъ своего максимума

множества точки кривой  $PQ$ , определяющей зависимость между  $y$  и  $x$ . При помощи построения, указанного на чертеже и не требующего пояснений, построена кривая  $UV$ , изображающая изменение тока въ электромагнитахъ въ функции времени. Наконецъ, на основании вышеописанного построения, пользуясь магнитной характеристикой и кривой  $MN$ , была получена линия  $E'$ , дающая въ функции времени измѣненій электродвижущей силы динамо Е. Линії  $EF$  [ $E=\Psi(t)$ ] и  $UV$  [ $t=F_2(x)$ ] построены на основании теоретическихъ соображений; соответствующа имъ опытная кривыя  $E'F'$  и  $U'V'$  нанесены по точкамъ, определеннымъ изъ цѣлого ряда замѣнений, выполненныхыхъ съ соблюдениемъ необходимыхъ предосторожностей \*). На чертежѣ изображены верхня части кривыхъ, такъ какъ соответственная измѣненія Е и Х въ функции  $t$  становятся очень малыми, и ошибки въ наблюденіяхъ могутъ достигнуть значительныхъ размѣровъ. Какъ видно изъ диаграммъ, между теоретическими результатами и данными опыта получается довольно хорошее согласіе, говорящее въ пользу допустимости и цѣлесообразности аналитического изслѣдованія вопроса, тѣмъ болѣе, что, при выводѣ окончательныхъ уравнений были сделаны нѣкоторая упрощенія, такія явленія, какъ магнитная вязкость, влияние пульсаций электродвижущей силы, въ виду трудности ихъ оцѣнки, и вовсе не могли быть приняты во вниманіе. Въ настоящей статьѣ изслѣдованъ процессъ самовозбужденія динамомашинъ при выключеніи виѣшней цѣпи. Если виѣшняя цѣпь замкнута на конечное сопротивление, могущее имѣть нѣкоторую индукцію, изслѣдование вопроса приводить къ довольно интереснымъ выводамъ, не лишеннымъ, быть можетъ, и практическаго значенія. Въ практикѣ динамомашинъ замыкается на виѣшнюю цѣпь обыкновенно лишь по окончаніи перемѣнного периода самовозбужденія. Въ силу этого и дабы въ объемѣ не выйти изъ рамокъ обычной журнальной статьи, мы и ограничились разсмотрѣемъ случая менѣе общаго, но имѣющаго значеніе въ практикѣ.

Въ заключеніе считаю своимъ пріятнымъ долгомъ принести мою искреннюю благодарность проф. Н. А. Артемьеву, который своими цѣнными советами не мало способствовалъ успѣшности моей работы.

A. Круковский.

22 апрѣля 1904 г.  
г. Киевъ.

малого значения  $J=0,754$  амп. лишь при значеніи  $I=0$ . Практически, уже спустя 17 сек., измѣненія тока въ электромагнитахъ почти не замѣтны.

\* См. Вышеупомянутую статью L. Finzi.

## Утилизация атмосферного азота при помощи электричества.

Статья Л. Гурвича.

Изъ всѣхъ соединеній азота (оставляя въ сторонѣ сложныхъ и химически еще недостаточно изученныхъ бѣлковыхъ веществ) главную роль въ жизни современного человѣчества играютъ азотная кислота и амміакъ. Прежде всего (въ видѣ селитры и сѣрнокислого аммонія) въ качествѣ удобрительныхъ средствъ, служа для растеній материаломъ, изъ которого тѣ извлекаются необходимый для синтеза бѣлковъ азотъ. Затѣмъ идетъ цѣлый рядъ техническихъ примѣнений первостепенной важности: производство чернаго и бездымнаго пороха и иныхъ взрывчатыхъ веществъ, производство анилиновыхъ и другихъ органическихъ красокъ, производство сѣрной кислоты и т. д., и т. д. Значеніе азотной кислоты и амміака лучше всего можетъ быть видно изъ того, что міровое потребление этихъ продуктовъ (въ свободномъ видѣ и въ видѣ солей) достигаетъ суммы въ 180—190 миллионовъ рублей. Приблизительно 25% всего этого количества находятъ себѣ примѣненіе въ техникѣ; оставльные же 75% идутъ на удобрение. Если принять во вниманіе, что во многихъ странахъ сельское хозяйство пользуется искусственными удобреніями еще въ очень ограниченныхъ размѣрахъ \*), то съ полной увѣренностью слѣдуетъ ожидать, что по мѣрѣ поднятія уровня сельскохозяйственной культуры потребность въ соединеніяхъ азотной кислоты и амміака будетъ все больше и больше возрастать. Изъ какихъ же источниковъ черпаются и могутъ черпаться въ будущемъ эти огромныя массы названныхъ веществъ?

Главнымъ, практически можно сказать даже единственно важнымъ источникомъ селитры являются, какъ извѣстно, залежи ея вдоль западнаго берега Южной Америки, доходящія мощностью до 4 метровъ и содержащія отъ 17 до 50% азотнокислого натрия. Разработка этихъ залежей началась въ концѣ 50-хъ годовъ прошлаго ст., достигнувъ въ 1860 году скромной цифры 4 мил. пудовъ; но вскорѣ быстро она стала затѣмъ возрастать, видно изъ слѣдующихъ цифръ, относящихся къ вывозу селитры:

1870 г. . . . .	10.920.000	пуд.
1880 " . . . . .	13.500.000	"
1890 " . . . . .	61.500.000	"
1900 " . . . . .	87.180.000	"

При такой интенсивной и все возрастающей эксплоатациіи даже самыя богатыя залежи не могутъ, конечно, сохраниться очень продолжительное время; и дѣйствительно по заключеніямъ опытныхъ экспертовъ, извѣстныхъ въ настоящее время южноамериканскія залежи селитры должны истощиться чрезъ ближайшія 30, самое большее 40 лѣтъ. Можно, правда, надѣяться, что за это время будутъ найдены еще другія мѣсторожденія селитры; такъ даже въ концѣ прошлаго года появилось сообщеніе объ открытии новыхъ залежей ея въ Перу, въ сѣверной части провинціи Арекипа (подъ 15° южн. широты). Но, конечно, подобными ожиданіями и надеждами нельзя ограничиваться, когда дѣло идетъ о такихъ необходимыхъ для человѣчества веществахъ, какъ азотная кислота и ея соли, а потому вопросъ о замѣщеніи исчезающихъ природныхъ богатствъ, какимъ нибудь инымъ путемъ представляеть собой дѣйствительно первостепенную важность.

\* ) По свѣдѣніямъ Департамента торговли и мануфактуръ о виѣшней торговлѣ Россіи за 1902 годъ, въ этомъ году было къ намъ ввезено всего лишь 14 тысячъ пудовъ селитры и 13 тысячъ пудовъ сѣрнокислого аммонія; Германія ввезла къ себѣ въ 1900 г. 30 мил. пудовъ селитры и потребила 9 мил. пудовъ сѣрнокислого аммонія.

Второе азотистое соединение, о котором идет речь,—амміакъ—ни, конечно, въ свободномъ видѣ, ни въ видѣ солей въ природѣ въ практическіи замѣтныхъ количествахъ не встрѣчается. Почти единственнымъ источникомъ амміачныхъ соединеній служить тотъ амміакъ, который получается при сухой перегонкѣ каменного угля, при газовомъ ли производствѣ или при его коксованіи въ закрытыхъ коксовальныхъ печахъ. Производство важнѣйшей амміачной соли—сѣрнокислого аммонія—достило въ 1905 г. 14.880,000 пудовъ. Такъ какъ даже извѣстны въ настоящее время мѣсторожденія каменного угля могутъ прослужить гораздо болѣе продолжительное время, чѣмъ южноамериканская залежи селитры, и такъ какъ новыя угольныя залежи открываютя во всякомъ случаѣ гораздо чаще, чѣмъ селитровый (чего и нельзя ожидать иначе, въ виду извѣстной геологической истории того и другого ископаемаго), то коcвенные природные источники амміачныхъ соединеній во всякомъ случаѣ источаются далеко не такъ скоро, какъ источники азотной кислоты и ея солей. Тѣмъ болѣе, что въ настоящее время еще миллионы пудовъ каменного угля скитаются и коксиются безъ всякой заботы объ использованіи образующагося при перегонкѣ амміака; у настѣ, въ Россіи, насколько извѣстно автору этой статьи, вообще не имѣется ни одной закрытой коксовальной печи. Можно поэтому думать, что имѣющіеся въ природѣ запасы каменного угля еще въ теченіи многихъ лѣтъ будутъ служить источниками, изъ которыхъ даже въ большихъ размѣрахъ, чѣмъ теперь, удается получать соединенія амміака. Въ виду этого обстоятельства, появились попытки пользоваться амміакомъ, запасы которого во всякомъ случаѣ еще богаты, для полученія азотной кислоты, запасы которой источаются. Сюда относятся, напримѣръ, привилегіи извѣстного химика Оствальда, по которымъ амміакъ окисляется кислородомъ воздуха въ азотную кислоту, въ трубкахъ съ раскаленной мѣдью, желѣзомъ или т. под. окисляемымъ металломъ, который при этомъ служитъ катализаторомъ, т. е. ускорителемъ процесса. Врядъ-ли, однако, подобнымъ предложеніямъ суждено получить широкое распространеніе; амміакъ самъ по себѣ вещество настолько цѣнное, для примѣненія его въ тѣхникѣ и земледѣліи имѣется еще такое широкое и все расширяющееся поле, что трудно думать, чтобы превращеніе его въ азотную кислоту могло быть, вообще говоря, выгоднымъ и рациональнымъ, и въ лучшемъ случаѣ оно можетъ расчитываться лишь на мѣстное значеніе. Но въ природѣ имѣется еще одинъ, дѣйствительно неисчерпаемый и притомъ даровой источникъ азота—это воздухъ; использование свободного атмосферного азота—вотъ задача, которая выступаетъ на первую очередь, разъ рѣчи заходить о пріисканіи источниковъ для получения азотной кислоты и другихъ полезныхъ азотистыхъ соединеній.

Предметомъ техническихъ изысканій эта задача сдѣлалась лишь въ послѣднее время. Но возможность превращенія атмосферного азота въ тѣ или другія азотистыя соединенія была обнаружена болѣе ста лѣтъ тому назадъ. Какъ извѣстно, англійский ученый Кэвендишъ, первый, еще въ 1784 году, показалъ, что при пропусканіи искръ электрической машины чрезъ воздухъ азотъ соединяется съ кислородомъ. Онъ же нашелъ главное условіе, требуемое для того, чтобы довести реакцію соединенія азота съ кислородомъ до конца: это присутствіе щелочи для поглощенія образуемыхъ окисловъ азота. Необходимость этого условія является слѣдствіемъ обратимости реакціи образованія окисловъ азота, т. е. обратнаго распаденія послѣднихъ на азотъ и кислородъ при дальнѣйшемъ дѣйствіи электрическихъ искръ. Поэтому при пропусканіи искръ чрезъ смѣсь азота и кислорода, находящуюся въ замкнутомъ пространствѣ, не заключающемъ въ себѣ вещества, способного поглощать окислы азота, какъ бы долго ни длилось дѣйствіе искръ, удастся превратить въ окислы только

Вологодская областная универсальная научная библиотека

часть газовой смѣси (такъ Бертело, послѣ 18 ваго пропусканія искръ, получилъ смѣсь, состоящую по объему, изъ 28% азота, 56% кислорода и 16% двуокиси азота).

Что является непосредственной причиной образования окисловъ азота при дѣйствіи электрическихъ разрядовъ: одно только нагреваніе газовъ, или трясеніе и распаденіе молекулъ азота и кислорода подъ дѣйствіемъ электрическихъ колебаній, или то и другое вмѣстѣ? Другими словами, оказываютъ ли электрические разряды въ данномъ случаѣ термическое дѣйствіе, или специфически электрическое, или же, наконецъ, смѣшанное? Вопреки этому, одинаково интересный, какъ для теоріи, такъ и для практики, къ сожалѣнію еще не вполнѣ выясненъ. Цѣлый рядъ фактовъ доказываетъ съ неизменностью, что одно только повышеніе температуры, безъ какого либо электрического воздействиія, можетъ служить причиной образования окисловъ азота; такъ въ продуктахъ горѣнія свѣтильнаго спирта, эфира и т. д., можно обнаружить азотистую кислоту; при выдуваніи предметовъ изъ размѣнаго кварца, требующемъ высокой температуры, менингремучаго газа, всегда ощущается замѣтный запахъ двуокиси азота и по сообщенію Shensiona тотъ же газъ получается при нагреваніи смѣши азота и кислорода въ сосудѣ изъ кварца въ пламени гремучаго газа \*). Поэтому, напримѣръ, Мутманъ Гофферъ считаютъ образование окисловъ азота подъ дѣйствіемъ электрическихъ искръ или пламени чистой термической реакцией, такъ что по ихъ мнѣнію разрядъ электрическаго тока ограничивается здѣсь, какъ въ другихъ чисто электротермическихъ процессахъ, только тѣмъ, что онъ даетъ возможность удобно получать крайне высокія температуры \*\*). Того же мнѣнія придерживается и Крукъ \*\*\*), полагающій, что азотъ при извѣстныхъ условіяхъ способенъ превращаться въ кислородѣ; но такъ какъ развиваемая при горѣніи азота температура ниже той, которая требуется для его воспламененія, то безъ притока теплоты извѣнѣ пламя азота поддерживаться и распространяться не можетъ. Однако, некоторые обстоятельства говорятъ за то, что помимо развитія высокой температуры, электрические разряды при дѣйствіи на смѣшь азота и кислорода оказываютъ еще другое дѣйствіе; такъ окислы азота образуются не только подъ дѣйствіемъ электрическихъ искръ въ пламени, но также и съ тихими электрическими разрядами (эфлувиемъ), где нельзя предположить значительного повышенія температуры (правда что образование окисловъ здѣсь сравнительно незначительно и требуетъ высокихъ напряженій). Затѣмъ образование окисловъ азота въ сильной мѣрѣ зависитъ отъ характера электрическихъ разрядовъ; на болѣе благопріятнымъ оказывается, повидимому, дѣйствіе быстро тухнущихъ и слѣдующихъ другъ за другомъ маленькихъ пламенеобразныхъ разрядовъ; это не совсѣмъ понятно, если предполагать, что все дѣло здѣсь только въ достаточно высокой температурѣ. Наоборотъ, эти обстоятельства указываютъ на то, что электрические разряды какъ бы расщепляютъ молекулы азота и кислорода и облегчаютъ имъ атомамъ вступленіе во взаимодѣйствіе, совершающееся затѣмъ при содѣйствіи притекающей теплоты, то есть при условіи высокой температуры.

Какъ бы то ни было, образование окисловъ азота представлять собой эндотермическую реакцію, т. е. требуетъ притока энергии извѣнѣ и въ замѣтной степени, при обыкновенныхъ условіяхъ, совершается только при очень высокихъ температурахъ. Изъ всѣхъ окисловъ азота важнѣйшимъ является для насъ его окись NO, такъ какъ, повидимому, она образуется

\*.) Zeitschrift f. Elektrochemie 1903, стр. 849.

\*\*) Muthmann и Hofer, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 1903, стр. 451.

\*\*\*) W. Crookes, Chemical News, т. 65, стр. 301.

первоначально подъ дѣйствіемъ электрическихъ разрядовъ; отъмъ уже изъ нея, присоединеніемъ еще одного тома кислорода, образуется двуокись азота  $\text{NO}_2$ . Изученіе реакціи образования окиси азота изъ кислорода и азота посвящено обстоятельное изслѣдованіе Мутмана и Гоффера (уже цитированное выше); такъ какъ эта работа имѣетъ большое значеніе не только для теоріи, но и для дальнѣйшей практической разработки занимающаго нась вопроса, то мы и остановимся на ней нѣсколько дольше.

Опыты Мутмана и Гоффера производились слѣдующимъ образомъ. Чрезъ стеклянныи баллонъ, емкостью около 1 литра, пропускался (съ опредѣленной скоростью) токъ воздуха или смѣси азота и кислорода. Кромѣ двухъ тубусовъ для приводящей и отводящей воздухъ трубокъ, въ баллонѣ имѣлись еще два расположенные горизонтально одинъ противъ другого тубуса, чрезъ которые вводились въ баллонъ электроды—мѣдные стержни съ платиновыми иглообразными наконечниками; разстояніе между электродами могло по желанію меняться. Перемѣнныи токъ (100 перемѣнъ въ секунду) превращался въ трансформаторѣ съ 25 амперъ при 20 вольтъ на 2000—4000 вольтъ при 0,05—0,15 амперъ. При сближеніи электродовъ разрядъ начинался на разстояніи 1 см., но въ видѣ искры, а въ видѣ пламени около 1 см. длины; послѣ того, какъ разрядъ уже установился, электроды могли быть раздвинуты на разстояніе 4 см., причемъ высота пламени подымалась до 8—9 см. Въ этомъ пламени можно ясно различить три пояса. Въ верхнемъ, наиболѣе широкомъ, окрашенномъ въ темнокоричневый цветъ, пирометръ Ле-Шатель показываетъ температуру 900—1000°; затѣмъ слѣдуетъ зеленоватобѣлымъ свѣтомъ, спай пирометра расплывается, такъ что температура здѣсь во всякомъ случаѣ выше 1800°. Въ этомъ поясѣ и отчасти въ среднемъ совершаются соединеніе азота съ кислородомъ въ окись  $\text{NO}_2$ ; въ верхнемъ поясѣ окись скапливается въ двуокись  $\text{NO}_2$ .

Рядъ подобныхъ опытовъ, причемъ менѣялись: разстояніе между электродами, скорость тока воздуха, составъ смѣси азота и кислорода, давленіе газа и т. д., и каждый разъ опредѣлялось количество образовавшихся окисловъ, а также количество оставшагося свободнымъ кислорода, далъ слѣдующіе результаты. Сближеніе электродовъ, т. е. укорачивание электрическаго пламени увеличиваетъ выходъ окиси; такъ напримѣръ, при равныхъ прочихъ условіяхъ, при разстояніи электродовъ въ 4 мм. получалось 5,7% окиси азота (относя къ объему воздуха), при 10 мм.—3%, при 15 мм.—3,7%; объясняется это тѣмъ, что въ короче пламя, тѣмъ выше его температура. Или измѣненіи (въ извѣстныхъ предѣлахъ) скорости воздуха процентное содержаніе окиси азота въ газовой смѣси почти не менѣяется; другими словами, количество образуемой въ единицу времени окиси прямо пропорционально быстротѣ движенія воздуха. Очень благопріятное дѣйствіе на образование окиси азота оказываетъ повышение давленія газа, а также обогащеніе воздуха кислородомъ такъ, чтобы азотъ и кислородъ находились въ смѣси въ равныхъ объемахъ. Значеніе этихъ двухъ факторовъ уясняется слѣдующими соображеніями. Реакція образования окиси азота, въ качествѣ обратимой реакціи, выражается, по извѣстному закону Гульдберга и Бааге, слѣдующей формулой:

$$K = \frac{C_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{O}_2}}{(C_{\text{N}_2})^2},$$

гдѣ  $C_{\text{N}_2}$ ,  $C_{\text{O}_2}$  и  $C_{\text{NO}}$  означаютъ концентраціи (въ объемахъ) азота, кислорода и окиси азота въ газовой смѣси при достижениіи предѣла равновѣсія,  $K$ —нѣкоторую постоянную, зависящую только отъ температуры. Изъ этой формулы видно, что концентрація окиси азота возрастаетъ при повышении давленія газовой смѣси

и что, при одинаковомъ общемъ давленіи, она достигаетъ максимума въ томъ случаѣ, когда  $C_{\text{N}_2} = C_{\text{O}_2}$ , т. е. когда кислородъ составляетъ не  $\frac{1}{2}$  объема газовой смѣси, какъ въ воздухѣ, а половину. Величину постоянную  $K$  для температуры 1800° Мутманъ и Гофферъ опредѣли равной 119. Зная эту величину, можно произвести нѣсколько подсчетовъ, приводящихъ къ очень интереснымъ выводамъ, имѣющимъ и практическое значеніе. Изъ величины  $K=119$  для  $\text{C}_{\text{NO}}$ , при употреблении воздуха, т. е. смѣси состоящей изъ 80%  $\text{N}_2$  и 20%  $\text{O}_2$ , вычисляется около 3,6% (что и подтверждено опытами). Для образования 1 граммъ-частицы, т. е. 30 гр. окиси азота требуется 21600 калорий; кроме того, такъ какъ реакція совершается при 1885°, то на эту температуру требуется подогрѣть смѣсь  $\frac{1}{2}$  ( $\text{N}_2 + \text{O}_2$ ), что требуетъ еще 7,67.1885=13800 кал. Но, какъ только что сказано, только 3,6% воздуха превращаются въ окись азота; остальные же 96,4% составляютъ безполезный балластъ, который, однако же, также долженъ быть нагрѣть до 18.0°; на 30 грм. окиси азота остается  $\frac{96,4 \cdot 30}{3,6} = 804$  грм.

неизмѣненного воздуха и для нагрѣванія его до 1800° требуется (считая "молекулу" воздуха=29)  $27,8 \cdot 13800 = 382260$  калорий. Такимъ образомъ изъ общей суммы затраченной энергіи въ 417660 кал. (=21600+13800+382260) только 35400 или около 8,5% совершаютъ полезную работу, остальные же 91,5% тратятся безполезно на нагрѣваніе избытка воздуха.

Возьмемъ, однако, вмѣсто воздуха смѣсь равныхъ объемовъ кислорода и азота. Въ этомъ случаѣ концентрація окиси азота составить  $\sqrt{\frac{50 \cdot 50}{119}} =$  около  $\frac{30 \cdot 95,4}{4,6 \cdot 1,035} = 4,6\%$ , или на 30 грм. окиси азота останется  $\frac{30 \cdot 95,4}{4,6 \cdot 1,035} = 602$  грм. воздуха; нагрѣваніе котораго до 1800° потребуетъ 292000 кал.; общая затрата энергіи будетъ 327400 кал., т. е. на 25% меньше, чѣмъ въ первомъ случаѣ, и полезная работа энергіи составить около 10,9 процента.

Изъ приведенныхъ чиселъ видно, какъ много, въ смыслѣ уменьшенія затратъ энергіи, можно здѣсь достигнуть, используя теплоту выходящей изъ области электрическаго пламени газовой смѣси, напримѣръ, работая по принципу встрѣчного движения, т. е. подогрѣвая этой газовой смѣстью свѣжую смѣесь, вступающую въ область пламени.

Такъ какъ постоянная  $K$  довольно быстро уменьшается съ повышениемъ температуры (т. е. выходъ окиси азота возрастаетъ), то Э. Ращ\*) предлагаетъ пользоваться для образования окисловъ азота не электрической искрой или пламенемъ, а развивающей гораздо болѣе высокія температуры дугой, причемъ электродами должны служить проводники второго рода (магнезія, глиноземъ и т. п. въ твердомъ или расплавленномъ видѣ), уже предложенные имъ для получения свѣтовой дуги. Преимущества такихъ электродовъ въ данномъ случаѣ были бы слѣдующія: они не возстановляются, подобно углю, окисловъ азота и вообще не вступаютъ съ ними въ химическое взаимодѣйствіе; благодаря своей малой летучести, они допускаютъ развиціе чрезвычайно высокихъ температуръ; при употреблении дуги можно работать обычновенными токами, примѣняемыми въ электрическомъ освѣщеніи, не имѣя надобности трансформировать ихъ въ токи высокаго напряженія. Къ материалу электродовъ, быть можетъ, окажется полезнымъ прибавлять тѣ или другія металлическія окиси, оказывающія ускоряющее, каталитическое дѣйствіе на образование окисловъ азота.

Что подобная каталитическая дѣйствія въ данномъ случаѣ возможны, показываютъ опыты Лепель \*\*). Названный авторъ изслѣдоваль вліяніе мате-

\*) E. Rasch, Dingler's Polytech. Journ. т. 318, № 17.

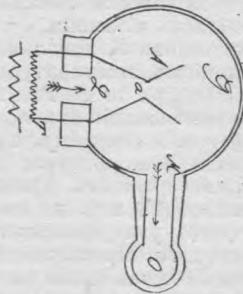
\*\*) F. Lepel, Berichte d. deutscher chem. Ges. 1897, стр.

ріала электродовъ на образованіе окисловъ азота; кроме того, въ области электрическаго пламени вводились (конечно, въ небольшихъ количествахъ) растворы различныхъ солей. Послѣднее дѣжалось такъ, что катодъ располагался горизонтально и на него капался пробный растворъ (1 капля каждыя 6—8 секундъ; 45 капель=1 куб. см.). Надъ катодомъ съ различной быстротой вращался анодъ, имѣющій видъ горизонтально расположенного реста, благодаря чему получался рядъ пламенеобразныхъ разрядовъ, тотчасъ же разрывавшихся. Первичный токъ былъ силой въ 7—8 амперъ при 65—70 вольтъ и трансформировался на 0,018—0,026 ампера и 2000 вольтъ. Каталитическое дѣйствие растворовъ солей оказывается довольно значительнымъ; болѣе всего способствуютъ образованію окисловъ азота при такомъ расположении опыта углекислый и ёдкій кали (ёдкій натръ вдвое меньше), сѣрнокислый соли мѣди, кадмія и желѣза. Вліяніе материала самихъ электродовъ видно, напримѣръ изъ того, что при употребленіи цинковаго анода и алюминіеваго катода получаются гораздо лучшіе результаты, чѣмъ съ мѣдными анодомъ и угольнымъ катодомъ. Наконецъ, значеніе имѣетъ также и форма электродовъ: лучше, чтобы анодъ имѣлъ видъ острія, катодъ же быть плоскимъ \*).

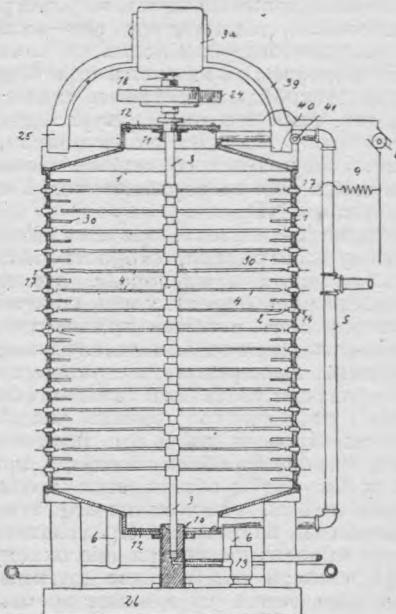
Если описанная до сихъ поръ изслѣдованія носятъ характеръ только лабораторныхъ опытовъ, то способъ американскихъ химиковъ Брадлей и Ловдской уже вышелъ изъ этой стадіи; общество „Atmospheric Products Co“<sup>o</sup>, съ капиталомъ въ 1 мил. долларовъ, намѣreno эксплоатировать его въ широкихъ размѣрахъ и уже построило пробную заводскую установку у Ниагарскаго водопада \*\*). Не передавая подробностей своихъ изслѣдований, Bradley и Lovejoy указываютъ, что образованіе окисловъ азота зависитъ существеннымъ образомъ отъ двухъ факторовъ: 1) отношенія объема проходящаго чрезъ аппаратъ воздуха къ энергіи электрическихъ разрядовъ; и 2) отъ вида этихъ разрядовъ; въ данномъ случаѣ (какъ слѣдуетъ также изъ опытовъ Мутмана и Гофера) не пригодны ни тихій разрядъ, ни обыкновенная искра, а маленькие, короткіе и возможно тонкіе дугообразные разряды, быстро потухающіе и быстро слѣдующіе другъ за другомъ и имѣющіе силу тока между 0,001 и 0,01 ампера; сравнительно высокое полезное

собами. Приборъ, описанный въ англійской промышленности Atmospheric Products Co (№ 8230, 1901 года), имѣть слѣдующую конструкцію. Сосудъ изъ огнеупорного материала G (фиг. 2), въ который воздухъ вводится чрезъ отверстіе L, а выводится чрезъ M въ сборную трубу O, заключаетъ въ себѣ металлическую дужку A, состоящую изъ двухъ изогнутыхъ проволокъ, сгибы которыхъ, какъ видно изъ фигуры, обращены другъ къ другу; нижніе концы проволокъ мѣдные соединены съ вторичной обмоткой трансформатора T. При замыканіи тока въ A, между наиболѣе близкими точками проволокъ, проскаиваетъ искра; но она не остается на одномъ мѣстѣ, а тотчасъ же подымается вверхъ (какъ въ извѣстномъ роговомъ искроотводѣ Сименса), удлиняется и разрывается; тотчасъ же въ A появляется новая искра, съ которой повторяется то же самое и т. д. Такимъ образомъ получается именно такой видъ тонкихъ, быстро потухающихъ и быстро смыняющихся разрядовъ, какой оказываетъ наиболѣе благопріятное дѣйствіе на образованіе окисловъ азота.

Однако, какъ ни просто только что описанное приспособленіе, пользованіе имъ въ большихъ приборахъ, которые должны были бы заключать въ себѣ очень большое число такихъ дужекъ и трансформаторовъ къ нимъ, оказывается неудобнымъ и Bradley и Lovdской остановились поэтому на другой конструкціи. Аппаратъ ихъ, работающій на Ниагарскомъ водѣ, имѣть конструкцію, изображенную на фиг. 3. Въ стоячемъ цилиндрѣ вращается вертикальная ось (3), на которую насажено 23 вѣнца, каждый изъ ше-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

дѣйствіе такихъ разрядовъ обусловливается, по всейѣроятности, тѣмъ, что они представляютъ наибольшую площадь соприкосновенія съ воздухомъ. Подобные разряды могутъ быть получены различными спо-

1027 и 1903, стр. 1251. Такжѣ его брошюра «Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffes», 1903 г., изъ которой заимствованы нѣкоторыя данныя этой статьи.

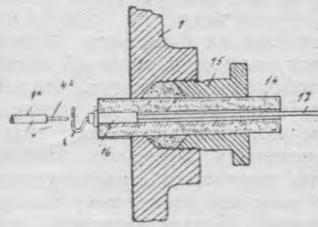
\*) Подобное же вліяніе формы электродовъ оказываютъ, какъ показалъ Варбургъ, на образованіе озона: съ анодомъ остріемъ и плоскимъ катодомъ его получается въ 3 раза болѣе, чѣмъ съ плоскимъ анодомъ и катодомъ остріемъ.

\*\*) F. Haber, Zeitschrift f. Elektrochemie 1903, стр. 381; Brown, Amer. Electrical Review, т. 41 стр. 518; Bainville, L'Electricien 1902, т. 24 стр. 209.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

сти спицъ (4); къ концамъ этихъ спицъ прикреплены платиновый острія (4b), служащіе электродами (фиг. 4); противоположные электроды, имѣющіе видъ загнутыхъ вверхъ крючковъ (2), проведены чрезъ стѣнки цилиндра и расположены на одинъ уровняхъ со спицами. Спицы различныхъ вѣнцовъ расположены на вертикально другъ надъ другомъ, а такъ, что каждый вѣнецъ сдвинутъ на уголъ около 2,5° по отношенію къ сосѣднимъ; такимъ образомъ при вращеніи оси искры зажигаются не во всѣхъ 23 плоскостяхъ одновременно, а послѣдовательно отъ одной къ другой. Каждая искра зажигается въ тотъ монентъ, когда остріе (4) проходитъ мимо крючка (2); затѣмъ она растягивается, разрывается и смыкаетсяновой. Вертикальная ось дѣлаетъ 500 оборотовъ въ минуту; такимъ образомъ мимо каждого электрода-

крючка в минуту пробегает 500.6—3000 спиц; для того, чтобы искры могли такъ быстро слѣдовать одна за другой, не сливаясь между собой, между генератором тока (8) и электродами-крючками включены индукционные катушки (9). Благодаря этому, внутри этого аппарата производится 3000.6.23=414000 отдельныхъ, чрезвычайно быстро удлиняющихся и затухающихъ разрядовъ въ минуту. Сила тока въ каждомъ разрядѣ не превышаетъ, какъ сказано выше, 0,01 ампера. Аппаратъ питается постояннымъ токомъ 1000 вольтъ отъ динамо особой конструкціи. Воздухъ проpusкается чрезъ аппаратъ съ такой скоростью, что мимо каждого электрода (2) проходитъ 2,3 литра въ минуту, другими словами на каждый литръ воздуха



Фиг. 4.

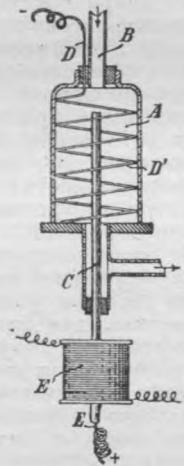
дѣйствуютъ въ среднемъ около 1300 разрядовъ. Для уменьшѣнія разрушительного дѣйствія окисловъ азота на металлическія части аппарата воздухъ предварительно высушиивается охлажденіемъ. Выступающій изъ аппарата воздухъ содержитъ въ себѣ  $2\frac{1}{2}$  объемныхъ процента двуокиси азота. Что касается затраты энергии, то для получения 1 кило  $\text{NO}_3\text{H}$  пока еще тратится 12 киловаттъ-часовъ.

Мы уже упоминали, что азотъ соединяется съ кислородомъ не только подъ дѣйствіемъ такихъ электрическихъ разрядовъ, какъ искра и пламя, но также и подъ дѣйствіемъ такъ называемыхъ тихихъ или темныхъ разрядовъ, возникающихъ, какъ извѣстно, между электродами съ болѣе или менѣе значительной поверхностью, раздѣленными однимъ или двумя диэлектриками. Сюда относится способъ фирмы Сименсъ и Гальске \*\*), состоящий въ томъ, что воздухъ или смѣсь азота и кислорода подвергается дѣйствію темныхъ разрядовъ въ озонизаторѣ въ присутствіи 1—2 объемныхъ процентовъ амміака; роль послѣднаго та же, что роль щелочи въ опыте Кавендиша съ искрой: связывать первично образующіеся окислы азота и предохранять ихъ отъ обратного разложенія; получается азотнокислый аммоній, отлагающійся въ видѣ кристалловъ на стѣнкахъ аппарата. Воздухъ и амміакъ должны быть совершенно сухи (воздухъ высушиивается сѣрной кислотой, амміакъ — натрістой известіе); не большой избытокъ амміака не вредить и можетъ быть легко выдѣленъ обратно и вновьпущенъ въ дѣло. Къ сожалѣнію, авторы способа не приводятъ ни точныхъ данныхъ относительно характера требуемыхъ разрядовъ (напряженія и т. д.), ни относительно затратъ электрической энергіи; указывается лишь, что для улучшения результатовъ полезно подвергать воздухъ предварительному озонированию.

Укажемъ еще на два аппарата, которые хотя и не предназначены специально для получения окисловъ азота, все же имѣютъ отношеніе къ этому вопросу, такъ какъ касаются обработки электрическими разрядами газовъ и газовыхъ смѣсей вообще. Аппаратъ Ф. Ги \*\*) составленъ изъ трубокъ (изъ стекла или иного не проводящаго токъ материала), съуженныхъ кольцеобразно въ своей срединѣ; непосредственно за съуженіемъ (считая по направлению тока газа) въ трубку введены чрезъ ея стѣнки двѣ прово-

локи, служащія электродами, между которыми прокакиваются искры. Кольцеобразное съуженіе трубки Ги имѣть существенное значение. Во-первыхъ, благодаря ему газъ устремляется чрезъ искровой промежутокъ подъ извѣстнымъ давленіемъ и съ увеличенной скоростью, т. е. очень быстро покидаетъ область искры, такъ что образовавшіеся продукты не успѣваютъ разложиться обратно. Затѣмъ, проходя чрезъ съуженіе, частицы газа получаютъ вихревообразное движение, что даетъ возможность искрѣ дѣйствовать на очень большое число частицъ. Наконецъ, вновь расширяясь за съуженіемъ, газъ охлаждается, что опять таки уменьшаетъ обратное распаденіе образовавшихъ подъ дѣйствіемъ искры частицъ.

Аппаратъ Боннѣ, Леройе и Ванъ-Берхема \*) представляеть собой цилиндръ, въ которомъ электрическіе тихіе разряды вызываются между двумя электродами: выложенными вдоль внутренней стѣнки спиральной проволокой DD' (фиг. 5) и расположеннымъ вдоль оси цилиндра стержнемъ С. Этотъ стержень, въ своемъ выступающемъ изъ цилиндра концѣ, служить сердечникомъ электромагнитной катушки Е. Подъ дѣйствіемъ магнитнаго поля радиально направленные разряды между стержнемъ С и спиралью D' получаютъ вращательное движение, благодаря чему



Фиг. 5.

прикосновеніе ихъ съ газомъ, движущимся по осевому направлению цилиндра, дѣлается болѣе полнымъ.

Наконецъ, остается еще упомянуть о привилегіи Р. Нитака, предлагающаго пользоваться для связыванія атмосфернаго азота не электростатическими разрядами, а электролизомъ \*\*). Для этого вода подвергается электролизу въ закрытыхъ приборѣ, въ которомъ поддерживается давленіе 100—150 атмосферъ, катоды — изъ угля, аноды — платиновые. Атмосферный озонъ (воздухъ вдувается въ воду у катодовъ) будто бы соединяется съ водородомъ въ моментъ его выдѣленія въ амміакъ, который затѣмъ окисляется у анодовъ въ азотнокислый аммоній.

Упомянутую пробной заводской установкой общества „Atmospheric Products Co“ несомнѣнно положено начало успешной технической разработкѣ вопроса о получении азотной кислоты изъ атмосферы при помощи электротехники. Нельзя, однако, не признать (по крайней мѣрѣ, имѣя въ виду только проникшія въ печать свѣдѣнія), что полное решеніе этого вопроса пока еще не представлено. Дѣйствительно, какъ указано выше, по способу Брадлей и Ловджоя на

\*) Нѣм. прив. 85103, 1886 г.

\*\*) Ph. Guye, нѣм. прив. № 88320, 1894 г.

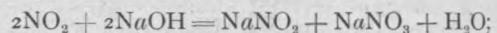
\*\*) Bonne, Le-Royer и van Berchew, нѣм. прив. 93592, 1894 г.

\*\*) R. Nithak, нѣм. прив. 95532, 1894 г.

производство 1 кило азотной кислоты тратится 12 киловатт-часов = около 8730 большихъ калорий, тогда какъ теоретически для этого требуется около 562 калорий (1000 гр.  $\text{NO}_3\text{H}$  отвѣщаются 476,2 гр.  $\text{NO}_2$ ; такимъ образомъ, выходъ азотной кислоты, считая на затрачиваемую электрическую энергию, не превышаетъ 6,3%. Такъ какъ нѣкоторая часть образуемыхъ въ электрическихъ аппаратахъ окисловъ азота ускользаетъ отъ дальнѣйшаго превращенія въ азотную кислоту и теряется, то собственно полезное дѣйствіе тока должно быть выше этой цифры; но во всякомъ случаѣ очевидно, что оно на столько далеко отъ теоретического, что для дальнѣйшихъ улучшенія остается еще широкое поле. Это и не можетъ казаться удивительнымъ, если принять во вниманіе, что самъ механизмъ дѣйствія электрическихъ разрядовъ на реакцію соединенія азота съ кислородомъ еще совершенно не извѣстенъ, а вліяніе различныхъ условій на ходъ этихъ реакцій изучено очень недостаточно. Въ этомъ отношеніи плохую услугу оказываетъ высказанный нѣкоторыми авторами взглядъ, что образование окисловъ азота подъ дѣйствіемъ электрическихъ разрядовъ представляетъ собой реакцію исключительно электротермического характера, такъ какъ при такомъ взгляде устраивается, а потому и не подлежитъ разслѣдованию, вліяніе такихъ факторовъ, какъ частота электрическихъ разрядовъ и, въ особенности, видъ электрическихъ колебаній. Между тѣмъ при изслѣдованіи другой реакціи, представляющей много аналогіи съ образованіемъ окисловъ азота, реакціи превращенія кислорода въ озонъ, вліяніе этихъ факторовъ доказано и принимается во вниманіе при конструкціи аппаратовъ. Такъ, Видемантъ и Шмидтъ нашли, что правильно періодические, медленно затухающіе разряды даютъ больше озона, чѣмъ неправильные и быстро прекращающіеся, т. е. обладающіе малымъ числомъ колебаній. По наблюденіямъ Фрелиха образование озона совершается тѣмъ лучше, чѣмъ круче кривыя вторичнаго тока; поэтому при работе съ крупными озонизаторами, электрическая емкость которыхъ велика, для питания первичныхъ обмотокъ трансформаторовъ слѣдуетъ пользоваться или переменнымъ токомъ, или если постояннымъ, то съ большимъ числомъ перерывовъ. Трудно думать, чтобы подобные факторы оставались безъ вліянія на образование окисловъ азота, и отъ подробнаго ихъ изученія слѣдуетъ ожидать значительныхъ улучшеній въ смыслѣ болѣе полнаго использованія электрической энергіи.

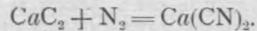
Вторая задача, полное разрѣшеніе которой, повидимому, также еще впереди, это извлеченіе азотной кислоты изъ газовой смѣси, получаемой при дѣйствіи электрическихъ разрядовъ. Какъ мы видѣли, эта смѣсь содержитъ въ себѣ лишь нѣсколько процентовъ окисловъ азота. При такомъ разбавленіи количественное превращеніе окисловъ въ азотную кислоту и выдѣленіе послѣдней въ концентрированномъ состояніи (а азотная кислота и для изготавленія взрывчатыхъ веществъ, и въ другихъ производствахъ требуется въ возможно концентрированномъ видѣ) является дѣломъ далеко не легкимъ. Въ приведеніяхъ „Atmospheric Products Co“ описывается выдѣленіе азотной кислоты путемъ поглощенія окисловъ въ башняхъ, въ которыхъ сверху внизъ струится холодная крѣпкая сѣрная кислота; изъ раствора въ сѣрной кислотѣ окислы выгоняются нагреваніемъ. Указывается также на возможность выдѣленія окисловъ азота изъ газовой смѣси при помощи сильного охлажденія. Значительно менѣе затрудненій представляется, конечно, выдѣленіе окисловъ азота при помощи щелочей. Щелочная или углекислая сода для этого слишкомъ дороги; поглощеніе производится поэтому известіемъ, а затѣмъ, если требуется щелочная соль, первоначально полученную известковую обрабатываютъ эквивалентнымъ количествомъ болѣе дешевыхъ сѣрнокислыхъ солей натрія или калія. Однако и здесь въ дальнѣйшемъ встрѣчается одно большое

затрудненіе. Дѣло въ томъ, что двуокись азота  $\text{NO}_2$ , являющаяся главнымъ продуктомъ реакціи (первично образующаяся окись  $\text{NO}$  соединяется сама собой съ избыtkомъ кислорода въ  $\text{NO}_2$ ) при дѣйствіи на щелочь (или извѣсть) даетъ смѣсь азотистокислой и азотнокислой солей, по уравненію:



раздѣленіе же общихъ этихъ солей другъ отъ друга путемъ кристаллизации сопряжено съ большими расходами, такъ какъ благодаря ихъ близкой растворимости, для этого требуется большое число операций. Такъ какъ главный сбытъ самой селитры — въ качествѣ удобрительного вещества, то очень важно выяснить, какое дѣйствіе на растенія оказываетъ примѣсъ къ ней азотистокислой соли. Къ сожалѣнію, вопросъ этотъ еще не выясненъ. Многие считаютъ азотистокислую соль для растеній очень вреднымъ; А. Мейеръ, наоборотъ, полагаетъ, что азотистая кислота на растенія ни плохого, ни хорошаго дѣйствія не оказываетъ, но, окисляясь въ азотную кислоту, является косвеннымъ образомъ полезнымъ веществомъ. Летель, производя опыты удобрения стъ полученной при помощи электричества селитрой, содержащей примѣсъ азотистокислой соли, не могъ обнаружить никакого вреднаго дѣйствія послѣдней. Но въ всякомъ случаѣ этотъ важный вопросъ нуждается еще въ дальнѣйшемъ болѣе основательномъ изученіи.

Перейдемъ теперь къ другому веществу, получающему изъ азота воздуха при помощи электричества и обѣщающему въ ближайшемъ будущемъ пріобрѣсть большое значеніе: „кальцій-ціанамидъ“ (\*). Уже вскорѣ послѣ открытия Вильсономъ и Моассаномъ техническаго способа получения кальцій-карбіда стали производиться попытки пользоваться имъ для поглощенія азота воздуха и получения цѣнной синеродистой (цианистой, синильной) соли, по реакціи:



Оказалось однако, что эта реакція не протекаетъ въ ожидавшемся направлениі и получить такимъ путемъ синеродистую соль не удавалось. Вскорѣ затѣмъ А. Франкъ и Н. Каро нашли, что синеродистая соль образуется, если кальцій-карбідъ замѣнить карбидомъ барія. При обработкѣ этого карбіда въ измѣненномъ состояніи въ герметически закрытыхъ жѣлѣзныхъ муфеляхъ чистымъ азотомъ при температурѣ краснаго каленія получается масса, содержащая въ себѣ синеродистый барій. Но и здѣсь количество послѣднаго отвѣчаетъ только 30% взятаго карбіда (\*\*); если же полученная масса подвергается затѣмъ еще сплавленію съ содой, то послѣ выщелачивания ея водой получается до 86% синеродистой соли (конечно натрія, такъ какъ синеродистый барій съ содой даетъ синеродистый натрій и углекислый барій). Ближайшее изслѣдованіе этой реакціи обнаружило, что при прокаливаніи карбіда барія въ струѣ азота требуется главнымъ образомъ такъ называемый ціанамидъ барія  $\text{BaCN}_2$ , причемъ вторая половина углерода карбіда выдѣляется въ свободномъ видѣ, по уравненію:



при сплавленіи же съ содой барій-цианамидъ соединяется съ углеродомъ въ синеродистый барій.

(\*) См. доклады, сдѣланные Эрльвейномъ и Франкомъ V-му международному конгрессу прикладной химіи въ Берлинѣ, напр., въ „Zeitschrift für angewandte chemie“ 1903, № 23; также сообщеніе общества „Cranid-Gesellschaft m. b. H., Berlin“ тамъ же № 22.

(\*\*) Зандманъ сообщаетъ, однако („Acetylen in Wissenschaft und Technik“, 1903, стр. 137), что дѣйствующая азотомъ на карбідъ барія при 800—1000°, ему удалось прямо получить до 95,3% синеродистаго барія.

Когда это выяснилось, должна была, конечно, возникнуть мысль подвергнуть вторичному изслѣдованию реакцию кальций-карбида съ азотомъ, такъ какъ, хотя раньше здѣсь и вовсе не было получено синеродистой соли, то могъ образоваться кальций-цианамидъ, ускользнувшій отъ наблюденія. Дѣйствительно оказалось, что и кальций-карбидъ поглощаетъ до 95% теоретического количества азота, превращаясь въ тальций-цианамидъ. Превращение послѣдняго въ синеродистую соли возможно двумя путями: или сплавленіемъ съ поваренной солью, причемъ выдѣлившійся углеродъ соединяется съ кальций-цианамидомъ, или же выщелачиваниемъ водой, причемъ кальций-цианамидъ превращается въ известь и дициандіамидъ:



сплавленіемъ дициандіамида съ содой.

Однако, несравненно большее значеніе, чѣмъ для производства синеродистыхъ солей, имѣетъ кальций-цианамидъ въ качествѣ удобрительного вещества для сельского хозяйства. Дѣло въ томъ, что эта соль при дѣйствии водяного пара подъ давлѣніемъ лѣгко превращается въ амміакъ; въ почвѣ же, какъ показали опыты проф. П. Вагнера на Дармштадтской испытательной сельскохозяйственной станціи, кальций-цианамидъ разлагается на амміакъ и селитру; подобные же опыты были произведены и аналогичные результаты получены Герлемомъ въ Познани. Такъ какъ, кроме того, самъ кальций-цианамидъ для растеній совершенно безвреденъ, то значеніе его въ качествѣ удобрительного вещества взамѣнъ селитры и амміака не подлежитъ сомнѣнію.

При описанномъ способѣ полученія кальций-цианамida электричество играетъ только непрямую роль, при производствѣ исходного материала — кальций карбida; нагреваніе же послѣдняго въ струѣ азота можетъ быть произведено не только въ электрической печи, но и въ нагревающихся обычными способами желѣзныхъ ретортахъ. Дальнѣйшіе опыты фирмы Сименсъ и Гальске въ Берлинѣ показали, однако, что все же есть надобности предварительно изготавлять кальций-карбидъ, но что можно непосредственно дѣлать азотомъ на смѣсь извести и угля въ электрической печи, по уравнению:



Получаемый продуктъ, такъ называемый „Сименсовская масса“ („Siemens Masse“; продуктъ, полученный Франкомъ, содержащий кальций-цианамидъ и углеродъ, называемый „азотистой известию“, „Kalkstickstoff“) содержитъ въ себѣ 12—14% связанныго, полезнаго азота и, по опытамъ Герлаха, обладаетъ такой же удобрительной способностью, какъ масса Франка и его (азотистая изесть), содержащая 20—22% азота. Мягкое же полученіе кальций-цианамида изъ извести и угля, конечно, гораздо болѣе экономно, чѣмъ производство въ двѣ операции, чрезъ стадію карбida.

## Коллекторные двигатели переменного тока.

### Статья Осноса.

Сообщеніе, сдѣланное Ламмомъ передъ американскимъ институтомъ инженеровъ-электриковъ, привлекло живѣйшее вниманіе всѣхъ специалистовъ. Дѣло касалось оборудования переменнымъ однофазнымъ токомъ желѣзной дороги въ 73 км. длиной между Вашингтономъ и Балтиморомъ. Нужно въ дѣйствительности удивляться гражданскому мужеству Ламма, рѣшившагося вытащить изъ архива послѣдовательный двигатель, отъ которого техника уже давнымъ-давно отказалась. Защитникамъ этого двигателя пришлось опровергнуть многіе укоренившіеся предразсудки, что имъ вполнѣ удалось. Первое воз-

раженіе, которое выдвигали противъ примѣненія коллекторовъ у машинъ переменного тока, это было то, что при этомъ должно происходить сильное искрообразованіе. Но, вообще говоря, это неправильно, такъ какъ можно уменьшить напряженіе на пластинкахъ коллектора избѣгнуть искрообразованія. Затрудненія могли бы только возникнуть вслѣдствіе индуктированныхъ переменнымъ полемъ токовъ въ коротко замкнутыхъ при посредствѣ щетокъ секціяхъ обмотокъ. Но независимо отъ другихъ способовъ, о которыхъ рѣчь будетъ ниже, этихъ затрудненій можно избѣгнуть употребляя невысокое напряженіе на каждой пластинкѣ коллектора или, иначе говоря, ограничивая число витковъ въ каждой секціи и увеличивая контактное сопротивленіе при помощи угольныхъ щетокъ. Также возбуждавшій опасенія сдвигъ фазъ можно предупредить простыми средствами.

Ламму принадлежитъ, такимъ образомъ, заслуга привлечения вниманія къ коллекторнымъ двигателямъ переменного тока и указанія широкаго поля примѣненія для этихъ двигателей.

Въ этой новой системѣ, повидимому, нѣтъ ничего нового. Штейнметцъ вполнѣ правильно замѣтилъ, что здѣсь идетъ рѣчь о старыхъ послѣдовательныхъ двигателяхъ, потерявшихъ при соотвѣтствующемъ спроектированіи свои прежніе недостатки.

Послѣдовательный двигатель испыталъ ту же судьбу, что и многія другія изобрѣтенія; до тѣхъ поръ, пока техника и промышленность не были особенно развиты, двигатель былъ оставленъ въ сторонѣ; но все усилившаяся конкуренція заставила искать улучшеній и новыхъ изобрѣтеній, и тогда вспомнили о послѣдовательномъ двигателе.

Наиболѣе сходный по типу съ послѣдовательнымъ двигателемъ это — репульсіонный двигатель Томсона. Этотъ двигатель тоже, по крайней мѣрѣ, въ Европѣ не получилъ никакого примѣненія. Главной причиной этого является то, что при обыкновенномъ устройствѣ вращающій моментъ двигателя быстро падаетъ съ увеличеніемъ скорости; кроме того, не легко перемѣнить направлениія вращенія. Дальше мы увидимъ, какими средствами можно уничтожить эти два недостатка.

Кромѣ этихъ двигателей, есть еще цѣлый рядъ другихъ однофазныхъ двигателей съ коллекторомъ, которые еще не привлекли особенного вниманія публики: это — машины, изобрѣтенные и патентованы Аткинсономъ съ 1895 по 1898 г. Нужно здѣсь замѣтить, что Аткинсонъ показалъ вполнѣ главныя свойства коллекторныхъ двигателей, какъ напримѣръ, возможность регулированія скорости безъ значительной потери энергіи.

Въ виду важнаго значенія, которое въ настоящее время имѣетъ коллекторный двигатель, будетъ полезно разобрать всѣ системы этихъ двигателей и сравнить ихъ достоинства и недостатки.

Для болѣе удобнаго сравненія фигуръ между собой, онѣ расположены такъ, что поле горизонтально, а ось поля — вертикальна.

На всѣхъ фигурахъ изображена двухполюсная схема.

**K** — обозначаетъ компенсаціонную обмотку.

**R** — сопротивленіе индуктивное или неиндуктивное или трансформаторъ съ переменнымъ коэффиціентомъ трансформации.

**C** — обмотка индуктора (поля).

Послѣдовательный двигатель. Уже давно было известно, что обыкновенный послѣдовательный двигатель можно питать переменнымъ токомъ, такъ какъ вращающій моментъ сохраняетъ одно и то же направлениѣ, если только направлениѣ тока менѣется въ одно и то же время въ индукторѣ и якорѣ. Величина вращающаго момента измѣняется пропорционально квадрату силы тока; вращеніе двигателя происходитъ толчками. Но такъ какъ толчки слѣдуютъ одинъ за другимъ очень быстро, если только число переменъ тока не очень мало, и дѣйствуютъ въ одномъ и томъ же направлениѣ, то получается

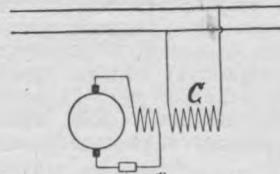
непрерывное вращение, если только приводимая въ движение масса достаточно велика. Съ этой точки зреінія двигатель переменного тока подобенъ паровымъ иль газовымъ машинамъ. Для уменьшения потерь на токи Фуко и гистерезиса нужно употреблять пластинчатое желѣзо. Это не является неудобствомъ, такъ какъ многие фирмы, напримѣръ, компания Вестингауза, строятъ даже машины постоянного тока изъ пластинчатаго желѣза. Недостатки этихъ двигателей слѣдующие: 1. электродвижущая сила, индуктивная переменнымъ полемъ въ коротко замкнутыхъ щетками секціяхъ обмотки и 2. сдвигъ фазъ.

Электродвижущая сила коммутации здѣсь не больше, чѣмъ въ двигателяхъ постоянного тока и не можетъ причинить серьозныхъ затруднений. Чтобы ей противодѣйствовать, необходимо уменьшить насколько возможно реакцію цѣпіи и уменьшить число витковъ, приходящихъ на пластину коллектора. Такъ какъ электродвижущая сила индукціи въ коротко замкнутыхъ секціяхъ якоря пропорціональна числу витковъ, то съ уменьшениемъ числа витковъ на пластинку коллектора уменьшаются и токи короткаго замыкания, вызываемые переменнымъ полемъ.

Уменьшение сдвига фазъ. Сдвигъ фазъ въ послѣдовательномъ двигателе вызывается самоиндукціей статора и ротора. Первой изъ нихъ нельзя совершенно устранить, такъ какъ необходимо иметь въ двигателе поле для созданія вращающаго момента; наоборотъ, поле, создаваемое якоремъ, совершенно лишнее для нормального хода двигателя, и можно свободно избавиться отъ него и связанный съ нимъ самоиндукціи. Для этого достаточно только перпендикулярно къ индуктирующей обмоткѣ помѣстить компенсаціонную обмотку, черезъ которую главный токъ проходилъ бы въ обратномъ направлении. Чѣмъ меньше разстояніе между этой обмоткой и обмоткой якоря, тѣмъ совершеннѣе компенсаціонное дѣйствие (фиг. 6а).

Вместо того, чтобы соединить компенсаціонную обмотку послѣдовательно съ якоремъ, можно ее зам-

нена къ коллектору. Этимъ способомъ напряженіе на коллекторѣ можетъ быть понижено до какой угодно величины. Однако, при этомъ устройствѣ главное поле чрезвычайно ослаблено и сдвинуто назадъ вслѣдствіе дѣйствія амперъ-витковъ обмотки низкаго напряженія, такъ что получается такое же явленіе,

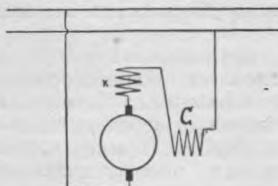


Фиг. 6с.

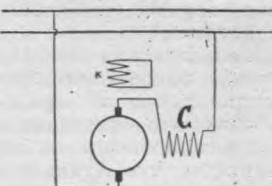
какъ и у репульсіонныхъ двигателей съ отдельными полюсами. Поэтому должно оставить подъ сомнѣніемъ пригодность схемы (6с).

**Шунтовой двигатель.** Обыкновенный шунтовой двигатель можно также питать переменнымъ токомъ. Если якорь и индукторъ обладаютъ одной и той же реакціей самоиндукціи, то токи въ нихъ совпадаютъ по фазѣ и двигатель береть съ мѣста съ большимъ вращающимъ моментомъ. При возрастаніи скорости якорь поглощаетъ рабочую слагающую токъ, а индукторъ—безвратную. Эта разность фаз имѣетъ слѣдствіемъ появленіе болѣе или менѣе совершенного вращающагося поля, вслѣдствіе чего уменьшается искрообразованіе на коллекторѣ. Но вслѣдствіе разности фазъ между токами въ индукторѣ и въ якорѣ вращающій моментъ значительно уменьшается; нагрузка, которую можетъ выдержать двигатель поэтому чрезвычайно мала и его практическое примѣненіе врядъ ли заслуживаетъ вниманія. Примѣнять здѣсь компенсаціонную обмотку какъ въ случаѣ послѣдовательного двигателя не стоитъ, такъ какъ и тогда при полной скорости вращенія двигатель тоже обладалъ бы ничтожнымъ вращающимъ моментомъ.

**Репульсіонный двигатель.** (Фиг. 7—7д) Этотъ двигатель можетъ быть приключенъ къ сѣти или прямо, или чрезъ посредство трансформатора. Щетки его коротко замкнуты и сдвинуты на определенный уголъ по отношенію къ оси обмотки статора. Слагающая поля статора, совпадающая съ направленіемъ щетокъ, возбуждаетъ въ коротко замкнутой обмоткѣ якоря токъ, который при покое двигателя почти прямо противоположенъ по фазѣ полю статора. Дѣйствіе этого тока на другую слагающую поля статора, направленную перпендикулярно къ щеткамъ, вызываетъ сильный начальный вращающій моментъ. Чѣмъ меньше сопротивление якоря и воздушны-



Фиг. 6а.

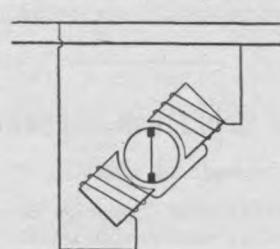


Фиг. 6б.

кнуть на короткую (фиг. 6б). Тогда въ цѣпи, какъ во вторичной обмоткѣ трансформатора, образуется индуктивный токъ, который значительно ослабляетъ поле, создаваемое якоремъ.

Сдвигъ фазъ въ двигателе между прочимъ пропорціоналенъ частотѣ переменного тока въ цѣпіи; когда же поле якоря вполнѣ компенсировано, то сдвигъ пропорціоналенъ также числу витковъ обмотки статора и обратно пропорціоналенъ скорости вращенія якоря и числу витковъ его обмотки. Для того, чтобы, какъ можно только уменьшить сдвигъ, нужно выбирать периодъ сѣти и междужелѣзное пространство возможно малыми. Кроме того, обмотка статора должна быть правильно расположена по окружности, чтобы разность между электродвижущей силой самоиндукціи и противодѣйствующей электродвижущей силой была бы возможно мала.

Чтобы избѣжать при употреблении высокаго напряженія помѣщенія на вагонѣ трансформатора, можно примѣнить схему, изображенную на фиг. 1с. Обмотка статора состоитъ изъ двухъ концентрическихъ обмотокъ, одна изъ которыхъ, состоящая изъ большого числа витковъ, присоединена къ сѣти, а другая съ небольшимъ числомъ витковъ присоединена къ коллектору. Эта схема даетъ хорошие результаты, такъ какъ въ ней не требуется трансформатора, а токъ въ обмотке статора, пропорціональный напряженію сѣти, не зависитъ отъ частоты тока въ сѣти.



Фиг. 7.

промежуточекъ, чѣмъ ближе уголъ между фазой поля статора и токомъ въ якорѣ къ  $180^\circ$ , тѣмъ больши вращающій моментъ двигателя при одномъ и томъ же потреблении тока. Но при возрастаніи скорости вращенія якоря слагающая поля статора, перпендикулярная къ направленію щетокъ, индуцируетъ въ

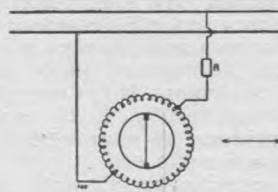
якорь электродвигущую силу, совпадающую по фазѣ съ полемъ, которая приближаетъ токъ въ якорѣ къ направлению первичного тока. Вслѣдствіе этого разность фазъ между токомъ якоря и полемъ статора будетъ при увеличеніи скорости все отклоняться отъ  $180^\circ$ , и вращающей моментъ двигателя будетъ уменьшаться. Это уменьшеніе вращающего момента хотя и меньше здѣсь, чѣмъ у шунтоваго двигателя, но представляетъ все-таки большое неудобство.

Предложенный впервые Томсономъ репульсіонный двигатель былъ устроенъ, какъ обыкновенный двигатель постояннаго тока съ отдѣльными полюсами. Поле двигателя поэтому могло образоваться только въ направлениі полюсовъ; поле же якоря наклоненное подъ угломъ къ полюсамъ ослабляло главное поле, а вмѣстѣ съ тѣмъ и результирующее поле двигателя. Другими словами, результирующее поле двигателя производилось не только первичнымъ токомъ, но комбинированнымъ дѣйствиемъ первичнаго и вторичнаго токовъ. Какъ во всякомъ двигателе, первичное поле индуктируетъ, вслѣдствіе вращенія, электродвигущую силу въ якорѣ и производить такимъ образомъ запаздываніе тока въ якорѣ. Но вторичное поле, почти противоположное первичному, производить упрежденіе тока. Между прочимъ, вслѣдствіе дѣйствія вторичнаго поля, сдвигъ фазъ между результирующимъ полемъ двигателя и токомъ въ якорѣ значительно меньше  $180^\circ$ . Вслѣдствіе этихъ двухъ причинъ, репульсіонный двигатель съ отдѣльными полюсами потребляетъ сравнительно большой токъ и даетъ слабый вращающій моментъ.

Кромѣ того, вслѣдствіе неодинакового распределенія желѣза не можетъ возникнуть никакого вращающаго поля, и двигатель работаетъ съ большимъ сдвигомъ фазъ и большимъ искрообразованіемъ.

Если же, наоборотъ, двигатель построенъ съ соблюдениемъ одинакового воздушнаго промежутка, а слѣдовательно съ однимъ и тѣмъ же магнитнымъ сопротивленіемъ по всей окружности, то поле якоря образуется въ направлениі щетокъ, и вращеніе якоря не можетъ вызвать образованія никакой электродвигущей силы, такъ какъ для этого нужно поле, перпендикулярное къ направлению щетокъ. Поэтому въ репульсіонномъ двигателе безъ выдѣленныхъ полюсовъ электродвигущая сила, создаваемая въ якорѣ вращеніемъ, зависитъ всецѣло только отъ первичнаго поля. Кромѣ того, здѣсь, вслѣдствіе разности фазъ, между первичнымъ и вторичнымъ полями образуется вращающееся поле, дѣйствіе котораго заключается въ уменьшеніи сдвига фазъ и искрообразованія.

Изъ этихъ краткихъ соображеній слѣдуетъ, что индукторъ репульсіоннаго двигателя долженъ быть приготовленъ изъ равномѣрно распределенныхъ же-

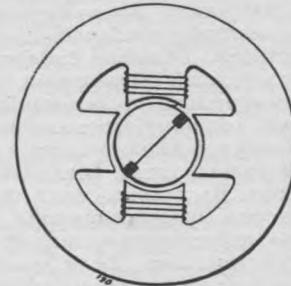


Фиг. 7а.\*)

лѣзныхъ массъ. Обмотка индуктора должна быть сдѣлана такъ же, какъ у обыкновенного индукционнаго двигателя (фиг. 7а), т. е. дѣлать обмотку по возможности распределенной по всей окружности индуктора. Можно, однако, располагать и на отдѣльныхъ полюсахъ, если симметрично съ ними помѣстить необмотанные полюса, занимающіе почти всю оставшуюся свободной поверхность индуктора (фиг. 7б).

Внимательное изслѣдованіе показываетъ, однако, что равномѣрно распределенная обмотка наиболѣе выгодна, такъ какъ въ данномъ случаѣ произведеніе коэффиціентовъ разсѣянія первичнаго и вторичнаго (при чемъ подъ коэффиціентомъ разсѣянія подразумѣвается величина меньшая единицы) будетъ имѣть наибольшее значеніе, а слѣдовательно сдвигъ фазъ наименьшимъ.

Въ одномъ германскомъ патентѣ указывается слѣдующая схема: сѣть соединена со щетками коллектора, а обмотка статора замкнута на короткую въ

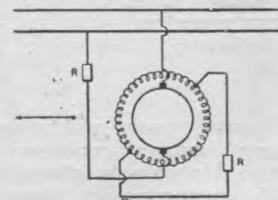


Фиг. 7б.

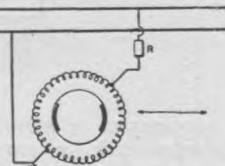
двухъ диаметрально противоположныхъ точкахъ, сдвинутыхъ по отношенію къ щеткамъ (фиг. 7с).

Это приспособленіе нецѣлесообразно, такъ какъ, во-первыхъ, коллекторъ долженъ переносить всю нагрузку двигателя, и, во-вторыхъ, результирующее поле двигателя (съ невыдѣленными полюсами) производится исключительно вторичнымъ токомъ, что вызываетъ неблагопріятный соз.

Томсонъ предложилъ еще другой типъ репульсіонныхъ двигателей, въ которомъ примѣнены вмѣсто узкихъ щетокъ, замкнутыхъ на короткую, двѣ широкія щетки, замыкающія на короткую каждая почти около четверти обмотки якоря. Токи короткаго замыканія являются въ тоже время полезными и дѣйствующими токами. Въ противоположность



Фиг. 7с.



Фиг. 7д.

обыкновенному репульсіонному двигателю, здѣсь не будетъ, слѣдовательно, вредныхъ токовъ короткаго замыканія; но за то эти щетки вызываютъ довольно большое треніе. То обстоятельство, что токъ проходитъ только черезъ одну половину якорной обмотки, не представляетъ значительного неудобства. Во-первыхъ, можно брать плотность тока въ якорѣ въ  $\sqrt{2}$  разъ больше, такъ какъ каждая секція обмотки находится подъ токомъ только полперіода; во-вторыхъ, въ обыкновенномъ репульсіонномъ двигателе только одна слагающая поля статора вызываетъ вращающей моментъ, между тѣмъ, какъ при схемѣ фиг. 7а дѣйствуетъ полное поле статора.

(E. T. Z. 1904).

(Продолженіе слѣдуетъ).

\*) На всѣхъ фигурахъ стрѣлка означаетъ направление поля.

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

**Электролитический конденсаторъ Циммермана.** Ассиметрическая, односторонняя проводимость алюминия въ растворахъ нѣкоторыхъ солей, какъ извѣстно, есть результатъ образования на его поверхности тонкой пленки, которая позволяетъ безпрепятственно проходить току въ направлении отъ электролита къ металлу, но является непроводникомъ для тока обратнаго направления. Составъ этой пленки неизвѣстенъ, по всей вѣроятности это какая нибудь окись алюминия, но присутствіе ея можно опредѣлить по интерференціальнымъ цвѣтамъ на поверхности электрода. Толщина слоя измѣняется въ зависимости отъ условій образования его, и по определеніямъ Циммермана на основаніи интерференціонной окраски, толщина эта колеблется въ предѣлахъ 0,00005—0,0005 мм. Одностороннія свойства пленки замѣчаются только тогда, когда электродъ погруженъ въ растворъ. Въ сухомъ видѣ пленка ничѣмъ не отличается отъ обыкновенныхъ діэлектриковъ. Діэлектрическая постоянная пленка не единица, какъ это принималось многими. Если вычислить эту величину по дающимъ: электромкости электрода и толщинѣ пленки, то получается число около 80.

Если оба электрода алюминиевые, то постоянный токъ не можетъ проходить ни въ томъ ни въ другомъ направлении, но если напряженіе на электродахъ измѣняется, если въ цѣпи находится генераторъ переменнаго тока, то электролитическая ванна съ алюминиевыми электродами начинаетъ дѣйствовать, какъ конденсаторъ, и въ цѣпи можетъ циркулировать переменный токъ. Когда одинъ изъ электроловъ, напр. 1 (см. фиг. 8), заряжается положительно, то во всей цѣпи токъ имѣеть направленіе отъ 1 къ 2. Но, какъ только напряженіе на электродѣ достигаетъ

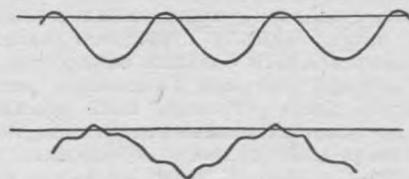


Фиг. 8.

максимума и начинаетъ убывать, токъ измѣняетъ направленіе и положительный зарядъ сообщается противоположному электроду. Насколько убываетъ зарядъ на одномъ электродѣ, настолько же возрастаетъ онъ на другомъ. Изъ этого ясно, что электролитъ сохраняетъ постоянно одинъ и тотъ же зарядъ, который зависитъ отъ емкости электроловъ и максимальнаго напряженія на полюсахъ генератора. Если отключить динамомашину и соединить электроловы на короткую, то между электролитомъ и проволокой, соединяющей электроловы, установится нѣкоторая разность потенциаловъ. Если погрузить въ растворъ угольный электродъ R (фиг. 8) и соединить его съ вѣнчайшей частью цѣпи черезъ вольтметръ, то токъ, проходящій черезъ вольтметръ, указываетъ на присутствіе свободного заряда въ конденсаторѣ.

Если къ электроловамъ присоединить индукционную катушку, какъ показано на фиг. 8, то средняя точка O ея обмотки всегда остается нейтральной, и между нею и электроловомъ R разность потенциала остается всегда одна и та же, а именно такая же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ между электролитомъ и вѣнчайшей частью цѣпи, замкнутой на короткую. Эта разность потенциаловъ равна половинѣ максимальнаго напряженія на полюсахъ генератора. Въ то же время разность потенциаловъ между электроловомъ и точкой O равна въ каждый данный моментъ половинѣ мгновенной электродвижущей силы генератора. Ве-

личина напряженія по обѣ стороны пленки электролита есть сумма этихъ указанныхъ двухъ напряженій постояннаго и переменнаго. На фиг. 9 и 10 изображены кривыя этого напряженія, полученные при



Фиг. 9 и 10.

помощи прибора Блонделя. Напряженіе, какъ видно изъ рисунковъ, почти не опускается ниже нулевой линіи; это есть результатъ постояннаго заряда въ конденсаторѣ. Напряженіе, даваемое машиной, въ обоихъ случаяхъ имѣло видъ синусоидальной кривой, симметрично расположенной по обѣ стороны нулевой линіи. Вслѣдствіе не вполнѣ идеальной ассиметрии пленки и поляризациіи угольного и алюминиеваго электролововъ и нѣкоторыхъ побочныхъ причинъ ось колебаний все-таки пересѣкаетъ кривыя.

При помощи вольтметровъ, для постояннаго и переменнаго тока, можно опредѣлить общую величину напряженія на электроловахъ и дѣйствующую величину одного переменнаго тока. Теоретически первая величина равна  $\frac{\sqrt{3}}{2} E = 0,866 E$ , другая же  $\frac{E}{\sqrt{2}} = 0,707 E$ . Вслѣдствіе упомянутыхъ недостатковъ конденсатора, величины даваемыя вольтметрами нѣсколько ниже, а именно 0,77E и 0,65E.

Если Q зарядъ на электродѣ, когда напряженіе достигаетъ максимума E<sub>m</sub>, то зарядъ на другомъ электродѣ равенъ нулю. Поэтому энергія, заключенная въ конденсаторѣ въ этотъ моментъ  $W_1 = \frac{1}{2} QE_m$ .

Когда разность потенциаловъ на электроловахъ = 0 зарядъ Q поровну распределенъ на нихъ, и каждый электродъ заряженъ до потенциала  $\frac{E_m}{2}$ . Энергія конденсатора тогда въ двое меньше

$$W_2 = \frac{1}{2} \times \frac{Q}{2} \times \frac{E_m}{2} = \frac{QE_m}{4}$$

Измѣненіе энергіи за это время  $W_1 - W_2 = \frac{QE_m}{4}$ .

Изъ этого видно, что электролитический конденсаторъ отличается отъ обыкновенного, какъ присутствіемъ постояннаго заряда, такъ и тѣмъ, что энергія его никогда не падаетъ ниже половины своей максимальной величины. Но въ оставшемся онъ вполнѣ подобенъ станиловому. Если напряженіе измѣняется гармонически, то такъ же измѣняется и энергія и токъ, заряжающій его.

Потери въ этомъ конденсаторѣ дѣлаются значительными только при большихъ напряженіяхъ. Но и въ нормальныхъ условіяхъ отъ времени до времени пленка разрушается въ отдѣльныхъ точкахъ, и эти небольшія отверстія, хотя существуютъ и очень короткое время, являются путями утечки тока. Вообще же всѣ механическіе поврежденія пленки очень быстро автоматически исправляются электрохимическими процессами въ конденсаторѣ. Разрушение пленки становится значительнымъ только при напряженіяхъ, превышающихъ нормальное напряженіе. Впрочемъ Циммерману удалось получить пленки, которые при соблюденіи извѣстныхъ условій выдерживаютъ до 1250 вольтъ. Потери зависятъ, кроме того, и отъ периода тока. При токахъ большой частоты они становятся значительными.

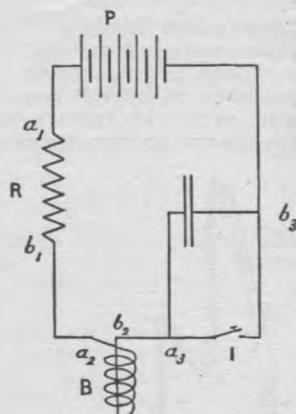
Нормальное напряжение для алюминиевого конденсатора имѣетъ предѣломъ примѣрно 150 вольтъ. Производительность его колеблется отъ 93 до 97%. При напряженіи въ 110 вольтъ конденсаторъ работаетъ съ производительностью въ 95% съ льшкомъ.

Вѣсъ, размѣры и стоимость такого конденсатора за одну микрофараду значительно меньше, чѣмъ обыкновенного, станіолеваго. При большихъ напряженіяхъ, когда одинъ конденсаторъ недостаточенъ, при преимущества не такъ замѣтны.

Емкость алюминиеваго конденсатора при 100 вольтахъ приблизительно 0,25—0,5 микрофарады на квадратный дюймъ поверхности электрода.

Electr. Review. 1904.

**Колебанія въ первичной обмоткѣ индукционной катушки. А. Брока.** При помоши ондографа Госпиталье Брука получилъ нѣсколько любопытныхъ кривыхъ, обнаруживающихъ неожидан-



Фиг. 11.

нія явленія въ первичной обмоткѣ индукционныхъ катушекъ. Въ началѣ въ качествѣ прерывателя служилъ камертонъ Вильяра, но оказалось, что этотъ

прерыватель обладаетъ весьма неудобными свойствами. Черезъ нѣсколько моментовъ послѣ приведенія его въ дѣйствіе, кривыя ондографа теряли всякую правильность и въ особенности для момента размыканія тока нельзя было получить никакихъ опредѣленныхъ результатовъ. Понятно теперь, почему этотъ прерыватель работаетъ такъ плохо при токахъ большой частоты. Притомъ для большой катушки, дающей искру въ 55 см., она чрезвычайно увеличивала періодъ замыканія и въ особенности размыканія тока. Повидимому, ртуть увлекалась прерывателемъ, вслѣдствіе чего періодъ размыканія возрасталъ до  $\frac{1}{200}$  секунды.

Болѣе пригодной, чѣмъ камертонъ, оказалась ртутная турбина, которая даетъ хорошіе результаты при 40—60 оборотахъ въ секунду.

На фиг. 11 изображена схема, которой пользовался Брука въ своемъ изслѣдованіи. Р—батарея, R—сопротивленіе безъ самоиндукціи, В—катушка и J—прерыватель. Измѣренія производились, во-первыхъ, у концовъ сопротивленія R, разность потенциаловъ въ точкахъ  $a_1$  и  $b_1$  даетъ силу тока въ цѣпи. Затѣмъ изслѣдовались колебанія напряженія на концахъ катушки и на обкладкахъ конденсатора.

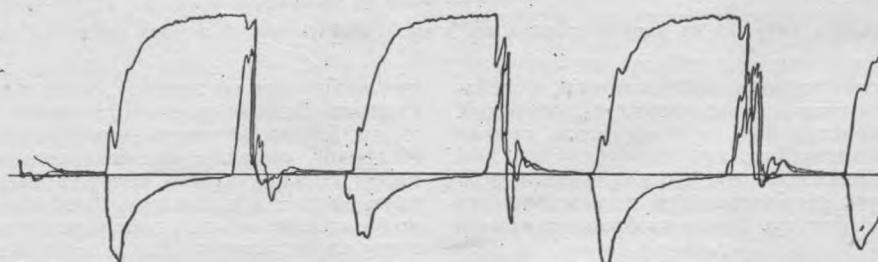
На фиг. 12 изображены кривыя силы тока и разности потенциаловъ у зажимовъ маленькой катушки. Существующая, обычная теорія не даетъ возможности объяснить видъ полученныхъ кривыхъ. Въ самомъ дѣлѣ обыкновенно сила тока выражается такъ:

$$i = \frac{E}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right).$$

Откуда получаемъ

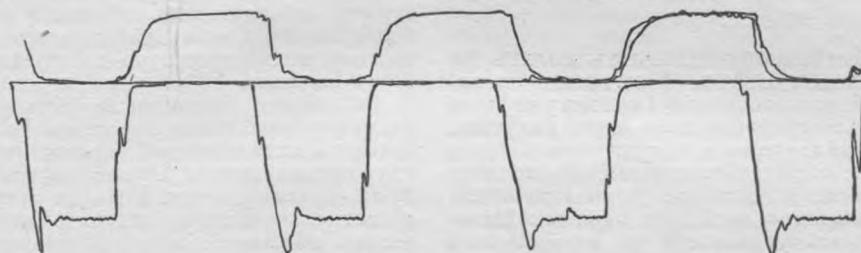
$$\frac{di}{dt} = \frac{E}{L} e^{-\frac{R}{L} t}.$$

$L \frac{di}{dt}$  — это и есть величина разности потенциаловъ на концахъ первичной обмотки. При  $t = 0$  она должна была бы равняться E, но, какъ показываютъ кривыя, максимумъ напряженія достигается значительно позже. На фиг. 12 кривая напряженія опускается ниже оси обсциссъ, другая же кривая характеризуетъ колебанія силы тока). Повидимому это запаздываніе максимума зависитъ отъ прерывателя.



Фиг. 12.

Маленькая катушка съ конденсаторомъ 0,5 мф. Дѣйствующая сила тока 2 амп.

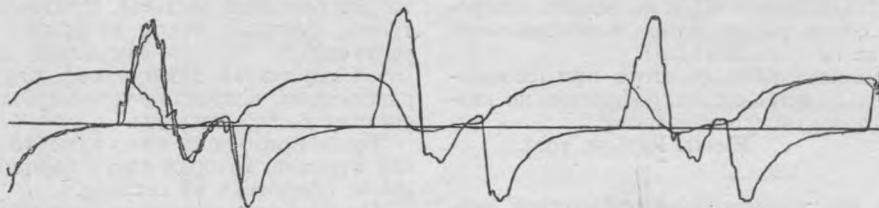


Фиг. 13.

Маленькая катушка съ конденсаторомъ 0,5 мф. Дѣйствующая сила тока 1 амп.

Для маленькой катушки нельзя установить точно существование собственных колебаний в первичной обмотке при малой силе тока, но когда сила тока достигает максимума, повидимому, обнаруживается одно колебание с периодом около 0,001 секунды.

На фиг. 13 показаны кривые для конденсатора.



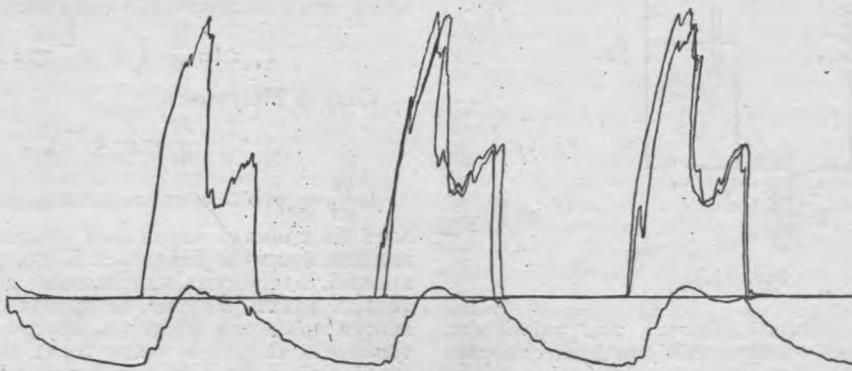
Фиг. 14.

Большая катушка съ конденсаторомъ въ 5 мф. Дѣйствующая сила тока 0,5 амп.

Вверху изображена кривая тока, внизу кривая напряжения. Напряжение, какъ видно изъ чертежа, достигаетъ максимума примѣрно въ 0,001 секунды и при размыкании тока падаетъ до нуля съ такой же скоростью.

Для большой катушки результаты получаются

собирался въ фокальной линіи его, гдѣ и былъ помѣщенъ фосфоресцирующій экранъ. Разстояніе между фокусами обоихъ зеркалъ было около 1 метра. Вибраторъ находился въ другой комнатѣ, такъ что звукъ разряда не могъ дѣйствовать на экранъ. Прополоки, по которымъ распространялись колебания



Фиг. 15.

Большая катушка съ конденсаторомъ въ 5 мф. Дѣйствующая сила тока около 0,7 амп.

аналогичные; только периодъ собственныхъ колебаний первичной обмотки больше (около  $\frac{1}{400}$  секунды). Кривая тока начинается надъ осью абсциссъ, кривая напряженія подъ осью (фиг. 14).

Напряженіе у зажимовъ конденсатора даетъ волнобразную кривую, расположенную полностью надъ осью абсциссъ (см. фиг. 15). Внизу изображена кривая тока.

Таковы тѣ явленія, которыя обнаружилъ ондографъ, но которыя нѣтъ возможности объяснить при теперешнемъ состояніи теоріи румкорфовой катушки.

Bull. de la Soc. Int. d. El. № 34, Avril. 1904, p. 235.

**Дѣйствіе электромагнитныхъ волнъ на слабые источники свѣта. Гюттона.** Въ одномъ изъ предыдущихъ сообщеній Гюттона уже было выяснено влияніе электродвижущихъ силъ индукцій, возбуждаемыхъ измѣняющимся магнитнымъ полемъ, на фосфоресценцію сѣристаго кальція. Въ послѣднемъ своемъ сообщеніи, которое было прочитано Пуанкаре въaprѣльскомъ засѣданіи парижской академіи наукъ, Гюттонъ указываетъ на возможность примѣнять фосфоресцирующій экранъ въ качествѣ дѣтектора герцовъ лучей.

Электрическія колебанія вызывались маленькимъ вибраторомъ Блондо, погруженномъ въ вазелиновое

отъ вибратора къ зеркалу, шли параллельно и настолько близко другъ отъ друга, что ихъ вліяніе можно было оставить совершенно безъ вниманія. Искровой разрядъ производился при помощи машины Гольца, полюса которой были соединены съ внутренними обкладками 2 лейденскихъ банокъ малой емкости; вѣнчанія обкладки ихъ были присоединены къ вибратору. Когда лейденскія банки разражались, происходилъ разрядъ и въ вибраторѣ. Гюттонъ не пользовался румкорфовой спиралью, потому что замѣтилъ, что измѣняющееся магнитное поле съ дѣйствовало на экранъ даже на большомъ разстояніи.

Какъ только электромагнитныя волны достигаютъ экрана, онъ начинаетъ свѣтиться ярче. Дѣйствіе ихъ болѣе замѣтно, чѣмъ дѣйствіе измѣняющагося магнитного поля, описанное въ предыдущихъ сообщеніяхъ Гюттона.

Всѣ опыты Герца могли быть воспроизведены съ фосфоресцирующимъ экраномъ. Если на пути лучей ставился металлический экранъ, то всякое дѣйствіе ихъ прекращалось. Опытъ съ поляризацией этихъ лучей, вполне удается. Если на пути лучей поставить решетку, состоящую изъ ряда параллельныхъ проволокъ, разстояніе между которыми 1 см., то лучи проходить, когда направление проволокъ перпендикулярно направленію электрической силы, и задерживаются, если повернуть решетку на  $90^{\circ}$ . Положение решетки при которомъ свѣченіе экрана наибол-

может быть определено с точностью до нескольких градусов.

Как указывает Блондо, Н-лучи производят различие светодного явления, если наблюдать экранъ паренкулярно къ его поверхности, и уменьшаютъ явлѣніе для наблюдателя, глядящаго на экранъ съ боку. То же самое замѣтилъ Гюттонъ и для случая электромагнитныхъ волнъ. Поэтому для того, чтобы можно наблюдать явленіе, необходимо стоять прямо противъ экрана.

Всѣ предыдущіе опыты могутъ воспроизведеніи и съ боосвѣщенными тѣлами, которая становятся болѣе ясно видимыми, когда на нихъ падаютъ лучи Герца.

Резонаторъ Герца можно видоизмѣнить такимъ образомъ, чтобы воспользоваться свѣченіемъ сѣрнистаго кальція, вмѣсто искры, проскаивающей въ разрывѣ резонатора. Для этого къ концамъ проволоки резонатора въ мѣстѣ разрыва прикрепляются изъ металлическихъ сѣткѣ, между которыми помѣщается маленький фосфоресцирующій экранъ. Когда резонаторъ возбуждается колебаніемъ, между сѣтками развивается сильное электромагнитное поле, заставляющее экранъ вспыхивать. Измѣненіе свѣченія наблюдается сквозь сѣтку.

L'Industrie Electr. № 297. 1904.

## ОБЗОРЪ.

**Прерыватель Венельта (Ганьеरъ).** Если въ электролитическую ванну съ однимъ электродомъ большой поверхности помѣстить сосудъ съ маленькимъ отверстиемъ въ стѣнкѣ, и если этотъ сосудъ касается другой электродъ, то, какъ извѣстно, въ какъ-отверстія, соединяющаго полости обоихъ соотношений, происходитъ такія же явленія, какъ и у тонкого золотинового острія въ обычныхъ электролитическихъ прерывателяхъ. Ганьеरъ показалъ, что эти явленія вполнѣ равнозначны и переходитъ одно въ линия. Внутренний электродъ представлялъ изъ себя трубку въ 0,7 мм. диаметра. Этотъ электродъ послѣдовательно въ цѣлый рядъ сосудовъ, имеющихъ отверстіями различной величины. Когда прерыватель было мало, напр., 3—12,5 к. м., прерываніе тока происходило въ отверстіи; при 14 к. м. явленіе появлялось то на электродѣ, то въ отверстіи; при дальнѣйшемъ же увеличеніи площади отверстія, послѣднее уже не играло никакой роли въ работе прерывателя.

Чтобы ясно наблюдать эти явленія Ганьеरъ воспользовался слѣдующимъ приспособленіемъ, позволяющимъ уменьшить число прерываній тока до 8 или 10 разъ въ секунду.

Представимъ себѣ медный стержень, соединенный съ источникомъ тока и врачающийся вокругъ какой нибудь оси. При каждомъ оборотѣ онъ приходитъ въ соприкосновеніе съ свинцовой пластиной, соединенной съ другимъ полюсомъ источника тока. Въ цѣлѣ включенъ прерыватель Венельта. Если время контакта мало, то при размыканіи тока между стержнемъ и пластиной проскаиваетъ большая искра, и прерыватель не приходитъ въ дѣйствіе.

Увеличивая продолжительность соприкосновенія можно дойти до такого момента, когда искра при размыканіи перестаетъ появляться, а прерыватель начинаетъ работать. Этотъ моментъ можетъ быть определенъ съ большой точностью.

Если дальше увеличивать время контакта, то сначала вновь появляется искра, а затѣмъ опять перестаетъ появляться и т. д. Такимъ образомъ можно при каждомъ оборотѣ стержня пропускать, какъ разъ то количество электричества, которое необходимо для одного, двухъ или болѣе прерываній. Это приспособленіе значительно облегчаетъ наблюденіе явленія.

Кромѣ того, этимъ способомъ можно измѣрить промежутокъ времени, который необходимо, чтобы вызвать одно, два или вообще определенное число прерываній; для этого достаточно знать угловую скорость стержня.

Нижеслѣдующіе опыты показываютъ, что работа прерывателя зависитъ отъ температуры электролита и отъ того давленія, которому онъ подверженъ. Эта зависимость получается объясненіе, если представить себѣ слѣдующую картину явленія. Положимъ прерываніе происходитъ въ маленькомъ отверстіи, сдѣланномъ въ стѣнкѣ, отдѣляющей положительный отъ отрицательнаго электрода. Токъ, проходя черезъ отверстіе, нагреваетъ слой жидкости и доводить его до температуры кипѣнія. Когда жидкость закипаетъ, сообщеніе между сосудами прерывается. Если заставлять жидкость протекать съ извѣстной скоростью черезъ отверстіе, то работа прерывателя прекращается. Въ этомъ случаѣ токъ не успѣваетъ достаточно нагрѣть слой жидкости, проходящій въ данный моментъ черезъ отверстіе. Чѣмъ выше температура электролита, тѣмъ больше частота прерываній. Ясно, что, чѣмъ выше температура раствора, тѣмъ меньше времени требуется для того, чтобы довести его до температуры кипѣнія; съ повышенiemъ температуры уменьшаются также потери тепла, которое отдаётъ этотъ слой окружающей средѣ. Съ этой точки зрѣнія становится понятнымъ и тотъ фактъ, наблюденный Томсономъ, что число прерываній уменьшается при увеличеніи давленія, потому что, чѣмъ больше давление, тѣмъ выше температура кипѣнія жидкости.

Перехода къ прерывателю съ платиновымъ остриемъ, мы можемъ себѣ представить картину явленія въ слѣдующемъ видѣ. Если провести рядъ поверхностей, окружающихъ платиновый электродъ, то частью эти поверхности будутъ проходить въ жидкости, частью въ тѣхъ пузырькахъ газа, которые выдѣляются на электродѣ. Часть каждой изъ такихъ поверхностей будетъ проводить токъ, другая часть окажется непроводникомъ. Та поверхность, черезъ которую проходитъ токъ наибольшей плотности, больше другихъ подвергается нагреванію, и когда температура слоя, соответствующаго этой поверхности, достигаетъ точки кипѣнія электролита, происходитъ прерываніе тока.

Существование полости, наполненной паромъ и газомъ и окружающей электродъ въ моментъ разрыва тока, можно непосредственно наблюдать, если нагрѣть электролит до температуры около 90° и пускать черезъ прерыватель токъ при помощи вышеописанного прибора, т. е. прерывать токъ разъ 8—10 въ секунду. Тогда, освѣщая электродъ, можно увидѣть цилиндрическую поверхность 7—8 мм. въ диаметрѣ, вполнѣ окружающую электродъ и слегка пульсирующую.

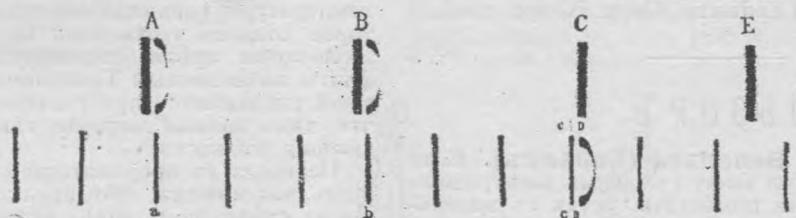
Существование газовой полости можно подмѣтить еще слѣдующимъ образомъ. Если помѣстить въ сосудъ два платиновыхъ электрода, и если токъ главной цѣпи развѣтвляясь поступаетъ черезъ нихъ въ сосудъ, то свѣтовое явленіе, которое сопровождается каждое прерываніе тока, одновременно происходитъ на обоихъ электродахъ. Это можно обнаружить при помощи врачающейся зеркала. Если помѣстить электроды вполнѣ точно одинъ надъ другимъ, то свѣтлые полосы, видимыя въ зеркаль, соответствующія обоимъ электродамъ, приходится одна надъ другой. Но если въ вѣтви одного электрода ввести самониндукцію, то равенство условій нарушается, и каждый электродъ будетъ работать независимо отъ другого, причемъ электродъ съ самониндукціей даетъ меньшее число прерываній.

На фиг. 16 изображены 2 ряда полосъ, изъ которыхъ верхній соответствуетъ тому электроду, въ цѣпь которого введена маленькая реактивная катушка. Если прерыванія на электродахъ раздѣлены некоторымъ промежуткомъ времени, то они происходятъ

совершенно независимо другъ отъ друга. Но если моменты этихъ прерываній близко слѣдуютъ одинъ за другимъ, то явленіе осложняется и, какъ видно на рисункахъ, въ моментъ прерыванія тока на одномъ изъ электродовъ, напримѣръ, нижнемъ, въ тотъ моментъ, когда въ зеркальѣ наблюдается свѣтлая полоса *a* или *b*, соотвѣтствующая нижнему электроду, около верхняго электрода замѣчается свѣтовое явленіе въ видѣ двухъ изогнутыхъ свѣтлыхъ полосокъ, сходящихся къ серединѣ электрода. Но въ моментъ прерыванія тока на нижнемъ электродѣ, напряженіе на верхнемъ возрастаетъ, и черезъ газовый промежутокъ еще остающійся около этого электрода можетъ происходить разрядъ, сопровождающейся свѣченіемъ газа. Такимъ образомъ изогнутыя свѣтлые полоски соотвѣтствуютъ газовому промежутку около электрода, а кривизна ихъ указываетъ на то, что полость, наполненная газомъ, менѣетъ свою форму и положеніе съ теченіемъ времени сужается, сохранившись всего дольше около середины электрода. Подобное же явленіе около нижняго электрода изображается на фиг. 16 полоской *DD*. Для того, чтобы это явленіе обнаружилось, необходимо, чтобы между послѣдовательными прерываніями у электродовъ, верхняго

нимается первое положеніе, и ртуть, при помощи которой устанавливается металлическое соприкосновеніе между электродомъ и проволокой, приводящей токъ, должна играть роль охладителя. Опыты показываютъ обратное. Если налитъ въ трубку съ двумя стѣнками, въ концѣ которой впаянъ электропроводъ, горячую ртуть, то характеръ работы прерывателя измѣняется. Если электролить нагрѣть выше 80°, прерыватель перестаетъ работать; наполняя трубку сильно охлажденной ртутью, нельзя привести его въ дѣйствіе. Если конецъ трубы не вполнѣ заполненъ ртутью и токъ идетъ исключительно только по проволочкѣ, то на этомъ участкѣ проволока можетъ сильно нагрѣться, до красного каленія, и вслѣдствіе прерывателя дѣйствуетъ такъ же, какъ и раньше.

Нагрѣваніе стержня играетъ, конечно, некоторую роль. Отдавая тепло сосѣднимъ слоямъ электролита, нагрѣтый электропроводъ способствуетъ большей частотѣ прерыванія. Изучая работу прерывателя при помашь вращающагося зеркала, легко установить, что первая прерыванія раздѣлены большимъ промежуткомъ времени, чѣмъ послѣдующія, когда электропроводъ прогрѣлся и установилось тепловое равновѣсие между нимъ и окружающей жидкостью.



Фиг. 16.

и нижняго, протекло время менѣе одной пятой того промежутка, который отдѣляетъ два послѣдовательные прерыванія у нижняго электрода. По истеченіи этого времени газовая оболочка совсѣмъ исчезаетъ.

Въ слѣдующій за прерываніемъ тока моментъ прилегающіе слои жидкости вытѣсняютъ образовавшійся около электрода слой газа и эти потоки можно легко обнаружить. Обыкновенно газъ вытѣсняется въ плоскости перпендикулярной къ электропроводу и проходящей черезъ средину его. Потокъ газа виденъ непосредственно; потоки жидкости, вытѣсняющей газъ, направлены параллельно оси электрода навстрѣчу другъ другу, сверху и внизу, и ихъ можно обнаружить при помощи маленькой алюминіевой пластинки, подвѣшенной на тонкой проволочкѣ. Эта пластинка увлекается потоками жидкости около электрода и указываетъ ихъ направление. Если раздѣлить поверхность платинового электрода на двѣ равныя части, узкой полоской какого нибудь изолятора, опоясывающей проволоку посерединѣ, то вытѣсненіе газа происходитъ въ двухъ плоскостяхъ, перпендикулярныхъ къ оси электрода и дѣлящихъ оба сегмента его пополамъ.

Уже было сказано, что газовая оболочка всего дольше держится около середины электрода. Послѣ прекращенія тока давление внутри оболочки падаетъ, и она исчезаетъ и вытѣсняется въ плоскости перпендикулярной къ электропроводу и дѣляющей его на двѣ равныя части.

Что свѣтовое явленіе въ моментъ прекращенія тока сопровождается повышеніемъ температуры? Это легко обнаружить, поднеси къ электропроводу очень тонкую проволочку. На концѣ проволочки образуется шарикъ, что указывается на то, что проволочка нагрѣвается до плавленія. Но гдѣ происходитъ это повышеніе температуры? Нагрѣвается ли самъ электропроводъ или повышеніе температуры совершаются въ какомъ нибудь слоѣ жидкости на нѣкоторомъ разстояніи отъ платинового стержня? Обыкновенно при-

изслѣдователи, занимавшіеся изученіемъ прерывателя Венельта, даютъ для частоты прерыванія, доходящей до 1,000 и 1,500 разъ въ секунду, число прерываній получить не легко; для этого необходимо, чтобы размѣры электропроводовъ были очень (3 мм. въ длину и 0,3 мм. въ диаметрѣ). По Ганцера, необходимо уменьшить въ два раза всѣ полученные на основаніи высоты звука, которыи провождаются работой прерывателя. Фотографируя звук, которая получалась между концами вторично обмотки катушки, введенной въ цѣль прерывателя онъ нашелъ, что число прерываній, полученное по этому методу, вдвое менѣе тѣхъ чиселъ, которыи получаются методомъ акустическимъ. По его мнѣнію, какъ въ моментъ размыканія тока, такъ и въ моментъ замыканія, т. е. въ моментъ возникновенія газовой оболочки и въ моментъ ея уничтоженія происходятъ сотрясенія, которыя, суммируясь, и производятъ на наше ухо звуковое впечатлѣніе. Понятно, что число такихъ сотрясеній въ два раза больше числа прерываній.

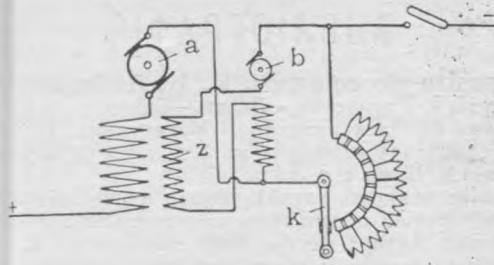
Arch. d'Electricit  M dicale, № 139. 1904.

**Новыя приспособленія для регулированія скорости двигателей постоянного тока.** Для регулированія скорости двигателей постоянного тока обыкновенно употребляютъ реостаты. Эти реостаты являются источникомъ потери энергии особенно въ начальѣ пуска въ ходъ двигателей, когда черезъ нихъ идетъ очень сильный токъ. Они неудобны еще и тѣмъ, что не пригодны при всякой нагрузкѣ, такъ какъ въ зависимости отъ потребляемаго двигателемъ тока, они обусловливаютъ большее или меньшее паденіе напряженія.

Въ послѣднее время, чтобы избѣжать указанныхъ неудобствъ реостатовъ, стали приключать двигатель къ источнику электричества переменнаго напряженія. Таковы, напримѣръ, системы Вардъ-Леонарда Ильтера, Лунделя и другихъ. Въ другихъ случаяхъ

шенияют реостатъ дѣйствиемъ обратной электродвижущей силы, развиваемой вспомогательнымъ двигателемъ. Этотъ способъ регулировки примѣнялся лишь только въ примѣненіи къ двумъ двигателямъ, работающимъ одновременно. Эти двигатели соединялись послѣдовательно, такъ что обратная электродвижущая сила, развиваемая каждымъ двигателемъ, сопротивлѣніе для другого двигателя.

Фирма Сименсъ и Гальске примѣнила эту систему на работы одного только двигателя, какъ это показано на фиг. 12. Съ рабочимъ двигателемъ *a* на одной оси укрѣпленъ вспомогательный двигатель *b*, соединенный съ нимъ послѣдовательно. Послѣ пуска въ ходъ вспомогательный двигатель выключается. Тогда увеличить врачающій моментъ двигателя при пускѣ его въ ходъ, индукторъ его снабженъ дополнительной обмоткой *z*, черезъ которую проходитъ токъ, ведущій въ якорь вспомогательного двигателя. По мѣрѣ увеличенія скорости вращенія, об-



Фиг. 17.

щая электродвижущая сила, развиваемая вспомогательнымъ двигателемъ, ослабляетъ токъ, идущій въ якорь, и тѣмъ самымъ ослабляетъ возбужденіе двигателя *a*. Параллельно вспомогательному двигателю источники сопротивлѣніе *k*. Въ началь пуска въ двигателя это сопротивлѣніе совершенно выведено изъ цепи, когда двигатель достигнетъ извѣстной скорости вращенія, мало по малу включаютъ сопротивлѣніе *k*, увеличиваются еще скорость вращенія, пока какъ все большие и большие тока поступаетъ въ двигатель *a*. Въ то же время возбужденіе обоихъ двигателей все уменьшается, вслѣдствіе ослабленія якоря, протекающаго черезъ обмотку *z*. При полномъ выключеніи реостата вспомогательный двигатель замыкается на короткую и двигатель *a* продолжаетъ свою нормальную скорость.

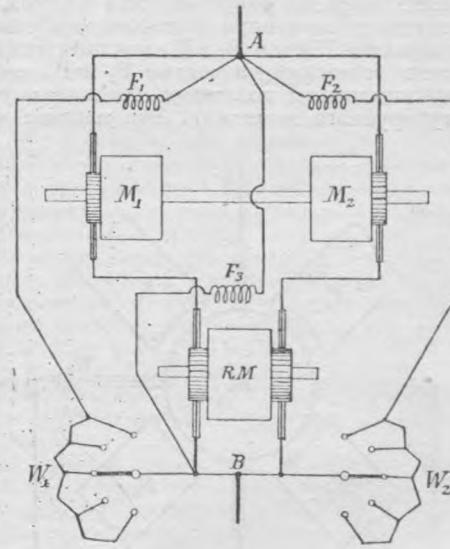
Эта система съ нѣкоторыми измѣненіями была изобрѣтена французскимъ обществомъ: Societé d'Etudes „Voitures électriques de Paris“ для регулированія скорости двигателей трамваевъ.

Новѣйшее приспособленіе для регулированія скорости двигателей принадлежитъ инженеру Зейденеру и позволяетъ не только измѣнять число оборотовъ двигателя по произволу, но измѣнять и направление вращенія двигателей постояннаго тока.

Фиг. 18 представляетъ схематическое изображеніе приспособленія. *M<sub>1</sub>* и *M<sub>3</sub>*—два регулирующихъ двигателя, укрѣпленныхъ на общей оси; *RM*—регулируемый двигатель, снабженный двумя независимыми якорными обмотками, присоединенными къ отдельному коллектору. *F<sub>1</sub>* и *F<sub>2</sub>*—обмотки индукторовъ вспомогательныхъ двигателей. *F<sub>3</sub>*—обмотка индуктора регулируемаго двигателя; *W<sub>1</sub>*, *W<sub>2</sub>* и *W<sub>3</sub>*—сопротивлѣнія, видимыя въ обмотки индукторовъ. Къ точкамъ цѣпи А и В присоединены двѣ параллельныя вѣтви. Въ каждой вѣтви находится по одной изъ якорныхъ обмотокъ главнаго двигателя и якорной обмоткѣ одного изъ вспомогательныхъ двигателей. Если поля *F<sub>1</sub>* и *F<sub>2</sub>* одинаковой силы, то *M<sub>1</sub>* и *M<sub>2</sub>* приходятъ въ вращеніе съ такою скоростью, что обратная электродвижущая сила, развиваемая ими, почти равны и обратны паденію потенциала въ каждой изъ параллельныхъ вѣтвей. Двигатели *M<sub>1</sub>* и *M<sub>2</sub>* потребляютъ

только токъ, необходимый для поддержанія ихъ холостого хода. Якорь двигателя *RM* остается въ покое, такъ какъ оба тока, проходящіе черезъ него, обратны по направленію и равны по силѣ.

Если теперь ослабить одно изъ полей, напримѣръ, *F<sub>1</sub>*, то двигатель *M<sub>1</sub>* несмотря на ослабленіе поля будеть вращаться все съ большей быстротой до тѣхъ поръ пока, онъ не разовьетъ той же обратной электродвижущей силы, какую онъ развивалъ до ослабленія поля. Вслѣдствіе этого увеличенія скорости вращенія обратная электродвижущая сила двигателя *M<sub>2</sub>* станеть больше, чѣмъ напряженіе между А и В, и токъ въ вѣтви А—*M<sub>2</sub>*—*RM* перемѣняетъ свое направленіе и идетъ отъ *RM* къ А и черезъ *M<sub>2</sub>* въ *RM*. Въ цѣпи А—*M<sub>1</sub>*—*RM*—*M<sub>2</sub>*—А течеть, слѣдовательно, токъ, сила котораго зависитъ отъ величины ослабленія поля *F<sub>1</sub>* сравнительно съ *F<sub>2</sub>*. Этотъ токъ послѣдовательно проходитъ черезъ обѣ якорные обмотки двигателя *RM*, такъ что дѣйствія ихъ складываются и двигатель *RM* приходитъ во вращеніе. При этомъ при одной и той же нагрузкѣ скорость его вращенія тѣмъ больше, чѣмъ больше ослаблено поле *F<sub>1</sub>*. При



Фиг. 18.

этомъ способъ регулировки источника электрической энергіи долженъ давать энергию для увеличенія скорости вращенія двигателя *M<sub>1</sub>*. Эта энергія возвращается обратно, когда поле *F<sub>1</sub>* опять усиливается. Это вытекаетъ изъ слѣдующихъ соображеній. Вслѣдствіе большаго числа оборотовъ двигателя *M<sub>1</sub>*, соответствующаго ослабленному полю *F<sub>1</sub>*, двигатель *M<sub>1</sub>* развиваетъ при усиленіи поля *F<sub>1</sub>* обратную электродвижущую силу, превышающую разность потенциаловъ между А и В. Вслѣдствіе этого, двигатель *M<sub>1</sub>* работаетъ какъ генераторъ и отдаетъ энергию въ цѣпь; это продолжается до тѣхъ поръ, пока обѣ электродвижущія силы не сравняются.

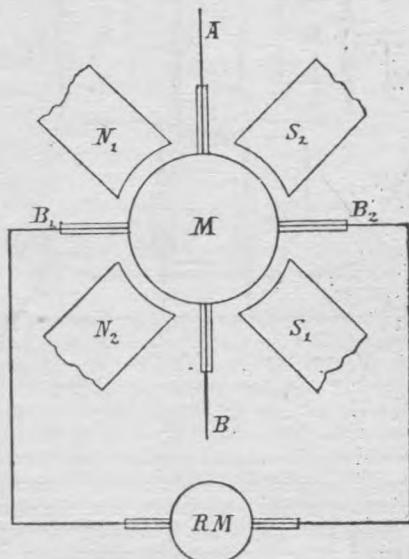
Если усилить поле *F<sub>1</sub>* вмѣсто того, чтобы его ослабить, тогда двигатель *M<sub>1</sub>*, при той же скорости будетъ развивать большую обратную электродвижущую силу, чѣмъ прежде, вслѣдствіе чего онъ будетъ работать какъ динамо и давать токъ въ цѣпь А—*M<sub>2</sub>*—*RM*—*M<sub>1</sub>*—А; этотъ токъ проходитъ черезъ якорные обмотки двигателя въ *RM* въ направленіи обратномъ прежнему, и двигатель придетъ во вращеніе въ обратномъ направленіи. При этомъ происходитъ уменьшеніе скорости вращенія регулирующихъ двигателей, такъ какъ нагрузка двигателя *M<sub>2</sub>* увеличивается вслѣдствіе работы двигателя *M<sub>1</sub>*, какъ динамо. Понятно, что соотношенія здѣсь должны быть выбраны такъ, чтобы разность потенциаловъ на зажимахъ дви-

гателя  $M_1$ , не упала бы вследствие уменьшения скорости вращения ниже разности потенциалов между  $A$  и  $B$ .

Ясно, что усиливая  $F_2$  вместо  $F_1$  можно получить направление тока в цепи  $A-M_2-RM-M_1-A$  такое же как и в первом случае. Из всего вышесказанного ясно, что самой выгодной системой регулирования скорости является вторая, так как регулирующие двигатели при этом возвращают ток в цепь и следовательно не нагружают а источника энергии; между тем при первой системе еще больше нагружается цепь, так как требуется еще энергия для увеличения скорости вращения регулирующих двигателей.

Фиг. 19 представляет устройство двойной машины, которая заменяет собой оба вспомогательные двигатели, и вследствие своей простоты она по всей вероятности найдет себе большое применение в практике.

Эта машина устроена следующим образом. Якорь, обмотанный как у двухполюсных двигателей вращается в четырехполюсном поле, причем рядом находятся два одноименных полюса. Каждая противоположная пара полюсов имеет свою отдельную цепь. Щетки  $A$  и  $B$ , лежащие между разноименными полюсами, и щетки  $B_1$  и  $B_2$ , лежащие между одноименными полюсами, соединены со щетками регулируемого двигателя. Эта машина может



Фиг. 19.

работать, как двигатель и как генератор. Щетки  $A$  и  $B$  предназначены для работы машины, как двигатель. В левой части якорной обмотки оба полюса  $N_1$  и  $N_2$  индуктируют ток в одном и том же направлении, и в том же направлении индуктируется ток в правой части якорной обмотки под влиянием полюсов  $S_1$  и  $S_2$ . Для работы машины как генератор пред назначены щетки  $B_1$  и  $B_2$ . Как в нижней, так и в верхней части якорной обмотки индуктируется ток от двух разноименных полюсов. Когда поле вездь одинаково, то машина работает, как двигатель, так как действие полюсов  $N_1$ ,  $N_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$  на якорь складывается с действием щеток  $A$ ,  $B$ , находящихся на оси результирующего поля. С другой стороны между щетками  $B_1$  и  $B_2$  нет разности потенциалов, так как и в верхней и в нижней части обмотки ток индуцируется разноименными полюсами в двух противоположных направлениях.

Если ослабить или оуполюсить обмотку на якорь

или  $N_2$ , то машина приходит во вращение; но теперь поле полюсов  $N_1$ ,  $S_1$  отличается по силе от поля полюсов  $N_2$ ,  $S_2$ , следствием чего является разность потенциалов на щетках  $B_1$ ,  $B_2$ , которая тем больше, чем больше разность полей  $N_1$ ,  $S_1$  и  $N_2$ ,  $S_2$ . Вследствие разности потенциалов между  $B_1$  и  $B_2$  и двигателя RM идет ток и он приходит в движение. Смотря по тому, какое из полей  $N_1$ ,  $S_1$  и  $N_2$ ,  $S_2$  мы ослабляем или усиливаем ток, идет в якорь двигателя RM в том или другом направлении.

Из вышесказанного ясно, что описанная система регулирования скорости вращения двигателей особенно пригодны в тех случаях, когда требуется частая перемена направления движения, как например на подъемных машинах, кранах, судовых рулях и проч.

(Zeitschrift f. Elektr.)

## БИБЛИОГРАФИЯ.

**Лекции по физике. В. К. Лебединского.**

Часть I: Упругость.—Звук.—Светъ.

Часть II: Электричество.—Магнетизмъ. С.-Петербургъ, 1903. 175 страницъ в 8 д. л. съ 57 рисунками в текстѣ. Цѣна 1 р. 25 к.

Это во всякомъ случае трудъ, очень почтенный, систематичный и при томъ оригинально и свѣжо написанный. Авторъ несомнѣнно проявляетъ въ немъ ширину взглядовъ и стремленіе излагать физику философски; онъ помнитъ всюду, и подчеркиваетъ, то значеніе, которое имѣть для физики, какъ и для другихъ естественныхъ наукъ, теорія познанія, или какъ у насъ часто, но неправильно говорятъ „теорія познанія“—ученіе о томъ, какъ какими путями человѣкъ приобрѣтаетъ познанія. Кроме того, въ книѣ, о которой рѣчь, есть, очень цѣнныя отдельныя замѣчанія и указы напримѣръ, хоть тѣ строки, которыя авторъ щастѣетъ понятію о физическомъ лучше. И маю, что лицамъ, которые уже имѣютъ нѣкотѣ и притомъ не слишкомъ малыя—свѣдѣнія по физикѣ и въ особенности преподавателямъ этой науки, очень полезно ознакомиться съ книгой г. Лебединскаго. Но люди—хотя бы и очень развитые, не-физики, которые вознамѣрились бы именно по этой книѣ изучать физику—потерпѣли бы, я опасаюсь, очень сильное разочарованіе.

Во-первыхъ, въ книѣ г. Лебединскаго выпущены многие очень важные и интересные отдельности, которые прийтіято включать въ курсы физики. Мы не находимъ тамъ ни слова, ни о телескопѣ, ни о микроскопѣ, ни о камерѣ-обскуре, ни о стереоскопѣ, ни о глазѣ, ни даже о выпуклыхъ и вогнутыхъ стеклахъ. О химическихъ дѣйствіяхъ свѣта и о фотографіи тоже ничего не говорится. Нигдѣ въ книѣ даже нѣтъ рисунка призыва, хотя и говорится о сѣверо-западѣ. Мнѣ, конечно, могутъ возразить, что авторъ и не разсчитывалъ вовсе дать курсъ физики, а только извѣстное число „лекцій по физикѣ“. Но, во-первыхъ, г. Л. самъ называетъ въ предисловіи свою книгу именно „курсомъ“, и действительно отдельные лекціи связаны между собой и образуютъ нѣчто цѣльное, а во-вторыхъ, я вовсе и не настаиваю на томъ, что автора надо непремѣнно упрекнуть за пропуски, о которыхъ я сейчасъ упомянула; я говорю только о положеніи читателя, который бы собирался изучать физику по книѣ г. Л.

Я отмѣчу также, съ большимъ сожалѣніемъ, что самъ авторъ нигдѣ не отмѣтилъ, къ какому именно кругу людей онъ обращается. Повидимому, онъставилъ себѣ главной и даже единственной задачей выяснить и твердо установить основы современного ученія объ Упругости; современной науки Акустики; Оптики и Электрики.

Однако, при всемъ моемъ уваженіи, къ знаніямъ и таланту автора я не могу признать, что бъ эта задача была решена имъ въ полнѣ успѣши. Во-первыхъ, понятіе обѣ энергіи, обѣ ея различныхъ видахъ, обѣ ея превращеніяхъ... у г. Лебединскаго не только не выставлено на первый планъ—что по моему было бы совершенно необходимо въ современномъ курсѣ физики,—но оно, если мнѣ извинять это просторѣчное выраженіе, нѣсколько запятано и замазано. Авторъ даже не говоритъ никогда о непрерывномъ обезспеченіи энергіи, не говорить о томъ, что такое и тенденція въ энергіи и пр. Правда, это объясняется тѣмъ, что по автору „всѣ физическія явленія сводятся къ движению“; г. Лебединскій не допускаетъ другой энергіи, кроме энергіи движущихся массъ (причемъ надо отмѣтить, что онъ и эфиръ надѣляетъ иѣкоторой массой) и „такъ называемой потенциальной энергіей“, которою „обладаетъ, напр., поднятый камень, пока онъ не упалъ“. Однако, такое возврѣніе, котораго, положимъ, держатся очень многие учены—чистѣйшая гипотеза, и при томъ совершенно не упомянута и я положительно не понимаю, за чѣмъ строить все зданіе физики на гипотезѣ, когда безъ этого можно обойтись. И ужъ во всякомъ случаѣ уважаемый авторъ не имѣеть права высказывать гипотезу, о которой рѣчь, какъ иѣчто вполнѣ установленное.

Я хотѣлъ бы также упрекнуть г. Лебединскаго за то, что онъ, излагая ученіе о свѣтовыхъ волнахъ и выводя законы преломленія и отраженія свѣта, его дифракціи и пр., все время основываетъ свой анализъ на гипотезѣ, что свѣтъ есть упругая деформація сдвигавшегося особеннымъ веществомъ — эфирѣ, обладающимъ извѣстной массой и извѣстной упругостью.

Кроме, между тѣмъ, все, что авторъ сообщаетъ намъ что „тикѣ, ни мало не связано съ этой гипотезой, источникъ съ какой ни будь гипотезой“. Совершаетъ вѣрно, что если мы вообразимъ себѣ вещества, ладающее такими-то и такими-то свойствами мѣ-то и такимъ-то соотношеніемъ упругости рукою, то деформація сдвига въ этомъ веществѣ будетъ подчиняться тѣмъ же законамъ, и даже прѣжъ числовыми формулами, которые мы нашли въ опыта для свѣта. Однако, изъ этого ничуть еще слѣдуетъ, что свѣтъ есть, значитъ, деформація сдвига въ этомъ—придуманномъ специально для того чтобы „объяснить“ его—веществѣ. Можно придумать и систему особыхъ колесъ и пр., движение которой подчинялось бы тѣмъ же законамъ и числовымъ формуламъ, которые найдены для свѣта; но изъ этого не слѣдуетъ еще, что между солнцемъ и землей расположена такая система колесъ, и что она-то и передаетъ намъ свѣтъ. И вѣдь, во всякомъ случаѣ, какъ это признаетъ и самъ авторъ, что можно излагать безъ гипотезъ, то и должно излагать безъ гипотезъ. Правда, автору будетъ не трудно—если онъ найдетъ это нужнымъ—измѣнить соответственнымъ образомъ изложеніе и порядокъ изложенія; но тѣмъ не менѣе очень жаль, что онъ этого не сдѣлалъ.

А теперь я приступлю къ нѣсколько болѣе детальному разбору книги г. Лебединскаго.

Послѣ краткаго вступленія, посвященнаго нашимъ ощущеніямъ, черезъ которыя мы знакомимся съ вѣнчшимъ міромъ, позитивному методу въ наукѣ и пр. авторъ переходитъ къ теоріи упругости и къ ученію о деформаціяхъ, о гармоническихъ колебаніяхъ, о распространеніи ихъ, о сложеніи волнъ и пр. Тутъ же г. Лебединскій говоритъ и о звукахъ, при чемъ не выдѣляетъ параграфовъ, посвященныхъ акустикѣ, въ особую главу—принимая очевидно, и вполнѣ правильно, что физическая акустика и сводится въ сущности на ученіе обѣ упругихъ колебаніяхъ. Но читатель былъ бы въ правѣ ожидать увидѣть что-нибудь о темѣ бѣ, найти кое какія цифровыя данные о количествахъ энергіи, съ которыми приходи-

дится имѣть дѣло въ звуковыхъ явленіяхъ, а также о струнахъ и трубахъ.

Затѣмъ авторъ переходитъ къ свѣту, а потомъ къ электричеству, магнетизму, электромагнитнымъ волнамъ, электромагнитной теоріи свѣта, электронамъ и къ электрической теоріи вещества.

За вступительную лекцію I я бы хотѣль очень упрекнуть уважаемаго автора; въ ней много неточнаго, если не прямо невѣрного. Такъ, въ самыхъ первыхъ строкахъ стоить:

„Первой цѣлью физическихъ изслѣдований мы будемъ представлять себѣ наивозможнѣе точнѣйшее опредѣленіе того, что происходитъ во вѣнчшемъ мірѣ, когда онъ вызываетъ въ насъ ощущенія. Отсюда вытекаетъ\*) естественное раздѣленіе физики на ученіе обѣ упругости, звука, свѣта и тепла, какъ явленіяхъ, представляющихъ первую причину разнообразныхъ свѣдѣній о мірѣ, получаемыхъ осознаніемъ, ухомъ, глазомъ и тепловымъ ощущеніемъ“. У читателя непремѣнно должно явиться недоумѣніе, почему же здѣсь ни слова не упомянуто объ обояніи и вкусѣ, которыхъ сразу бы ввели въ область физики и химической явленія. Слѣдующіе абзацы, въ которыхъ выясняется мѣсто физики среди другихъ естественныхъ наукъ и отличие ея отъ химіи содержатъ совершенно произвольныя, по моему, утвержденія (см. стр. 1, абзацъ 2).

На стр. 3 стоить „Мы полагаемъ въ основу вѣнчшаго міра вѣчную матерію, законы которой и проявляются въ явленіяхъ“. По моему это утвержденіе просто совокупность словъ, связанныхъ между собой по правиламъ грамматики... но и только.

Я не знаю также, что авторъ понимаетъ подъ выражениемъ вѣчная матерія? Правда, приходится часто слышать и читать, что матерію (вещество) нельзя ни создать, ни уничтожить; но это просто ничего больше какъ „словъ“, если только они не имѣютъ въ виду принципъ сохраненія массы, невозможность ни создать, ни уничтожить массу; но тогда именно и надо говорить о „массѣ“, а не о „веществѣ“.

Меня удивило также мнѣніе, которое авторъ высказываетъ—правда очень сдержанно и осторожно—что матерія, какъ кажется, скорѣе чѣмъ энергія, „напрашивается уму, даже основывающемуся лишь на непосредственныхъ ощущеніяхъ“, а между тѣмъ, вѣдь, всѣ наши ощущенія увѣдомляютъ насъ непосредственно, первично толькъ и единственно обѣ энергетическихъ соотношеніяхъ.

На стр. 4 мы читаемъ: „Исторія науки показываетъ, что мало по маду вѣсѣ физическія явленія сводятся именно къ движению; довольно мѣткимъ является опредѣленіе физики, какъ науки о явленіяхъ, сводимыхъ къ движению матеріи или ея частицъ“. Я знаю, что этого взгляда придерживаются очень многие учены, которые вполнѣ увѣрены, что напримѣръ тепло есть молекулярное движение. Но это же гипотеза, гипотеза чистѣйшей воды и высказывать ее за непреложную истину по моему не подобаетъ..

Параграфы о деформациіи изложены по моему вообще очень отчетливо. Параграфы о свѣтѣ также, хотя многіе выводы, данные по Френелю, едва ли могутъ считаться вполнѣ убѣдительными. Классическое доказательство, что при отраженіи свѣта въ извѣстныхъ случаяхъ должно теряться половины по моему тоже очень не строго, что, однакожъ, было бы, разумѣется, несправедливо ставить въ вину г. Лебединскому. Затѣмъ мнѣ кажется, что вывести поперечность колебаній въ свѣтовомъ лучѣ изъ явленій поляризации можно—а значитъ и должно!—не прибегая къ гипотезѣ о деформирующемся эфирѣ, а чисто позитивнымъ путемъ.

\*) Подчеркиванія здѣсь и дальше—мои.

Отмѣчу также вскользь, что меня очень удивило мѣсто на стр. 92, въ которомъ авторъ приписываетъ (правда, поставивъ въ скобкахъ вопросительный знакъ) большую сложность молекулъ ртутныхъ паровъ по сравненію съ другими газами. А, между, тѣмъ молекула ртутнаго пара, вѣдь, именно одноатомна.

Въ части II, посвященной электричеству и магнетизму, читателя очень непріятно поражаютъ кое-какие пропуски; такъ, напримѣръ, авторъ ни слова не говоритъ о столь важныхъ и съ научной, и съ технической точки зрења аппаратахъ, какъ конденсаторы; но отмѣчаю это я, однокожъ, оставляю совершенно въ сторонѣ вопросъ—вполнѣ праздный, къ тому же—можно или нельзя упрекать г. Лебединскаго за эти пропуски. Кромѣ того, въ части II, о которой рѣчь, есть и параграфы и нелогично изложенные, и прямо неправильные. Такъ, напр., на стр. 109 авторъ смышилъ, повидимому, два столь различныя явленія, какъ выдѣленіе катодныхъ лучей отрицательно заряженными металлами подъ дѣйствиемъ ультрафиолетового „свѣта“, и іонизацию воздуха подъ дѣйствиемъ, напр., рентгеновыхъ лучей. На стр. III выходитъ по г. Лебединскому, что если помѣстить наэлектризованное тѣло съ зарядомъ +9 внутри открытаго металлическаго стакана, то на внутренней поверхности послѣдняго индуктируется зарядъ —9, а на вѣшней—зарядъ +9; что прямо невѣрно; а вѣдь опытъ, о которомъ рѣчь, одинъ изъ самыхъ основныхъ въ учении объ электричествѣ. Миѣ жаль также, что авторъ излагая электрику въ духѣ Фарадэя-Максвелля, не приводитъ остроумыхъ Фарадэевыхъ опытовъ, которые позволяютъ, не пользуясь закономъ Кулона, установить понятіе объ электрическомъ зарядѣ, какъ о величинѣ, подлежащей измѣненію соотвѣтственными единицами (см. Максвелль трактать въ переводе и обработкѣ В. Weinstein'a, 1883, томъ I, стр. 34 и слѣдующ.).

Далѣе, говоря о притяженіи легкихъ бумажекъ и пр., наэлектризованными тѣлами, авторъ даетъ, быть можетъ, слишкомъ одностороннѣе объясненіе, свода все на извѣстную электропроводность бумагки и стола, на которомъ она лежитъ. Въ дѣйствительности же въ этомъ явленіи мы имѣемъ вѣроятно дѣло—въ извѣстной степени по крайней мѣрѣ—и съ тѣми силами, которыя оказываютъ неравномѣрное электрическое поле на тѣла съ большой діэлектрической постоянной, помѣщенные въ средѣ съ малой діэлектрической постоянной (въ данномъ случаѣ въ воздухѣ).

На стр. 117 авторъ говоритъ, что когда къ наэлектризованному шару, соединенному съ электроскопомъ, приближаютъ какойнибудь проводникъ, соединенный съ землей, то „листокъ (электроскопа) опускается; это показываетъ, что энергія прибора уменьшилась, хотя мы не измѣнили его заряда“. И на основаніи этого опыта г. Л. и утверждаетъ, что значить энергія наэлектризованного тѣла зависить не только отъ заряда, но и отъ потенциала. По моему, все разсужденіе прямо нелогично. Изъ того, что листокъ электроскопа опадъ, мы вовсе не можемъ еще заключить, что электрическая энергія системы уменьшилась—пока мы не знаемъ, что она опредѣляется, кромѣ заряда, еще отсчетомъ электроскопа; а этого мы не знаемъ, потому что это-то мы вѣдь и доказываемъ! По моему, авторъ долженъ быть бы, наоборотъ, указать, что при приближеніи проводника электрическая энергія должна уменьшиться, и не только указать, а доказать, что очень легко сдѣлать; а за тѣмъ уже, доказавъ это, обратить наше вниманіе на то, что это уменьшеніе энергіи при неизмѣнномъ зарядѣ—сопровождается паденiemъ листка электроскопа, и значитъ уменьшениемъ потенциала. Очень можетъ быть, что все дѣло объясняется простымъ недосмотромъ или разсѣянностью автора, однако, читателю, вѣдь, отъ этого не легче.

Затѣмъ я отмѣчу еще, что утвержденіе автора, будто „энергія заряда выражается произведеніемъ количества электричества  $\times$  потенциалъ ( $Q \times V$ ), стр. 117 можетъ подать поводъ къ болѣшимъ недоразумѣніямъ, особенно въ связи съ предыдущими строками. Читатель не только можетъ, но долженъ подумать, что, напр., шаръ, котораго зарядъ =  $Q$ , а потенциалъ =  $V$ , обладаетъ электрической энергией  $QV$ , тогда какъ въ дѣйствительности его электрическая энергія въдвое менѣе и равна  $\frac{1}{2} QV$ .

Въ параграфахъ, посвященныхъ электрохимии, автора можно упрекнуть за нѣкоторую отсталость и за то, что онъ не разграничиваетъ электролизъ и разложеніе подъ дѣйствиемъ тока. О іонахъ авторъ не упоминаетъ вовсе, и пр.

Говоря о Фарадэевыхъ электрохимическихъ законахъ, авторъ впадаетъ въ нѣкоторыя логическія ошибки довольно обычныя, впрочемъ, при изложеніи этого вопроса. Дѣло вотъ въ чемъ. Если мы назовемъ „силой тока“ „то количество электричества, которое проходитъ черезъ (любое) сѣченіе цѣпи въ единицу времени“, то дѣйствительно будетъ имѣть мѣсто знаменитый Фарадэевъ законъ, согласно которому количество  $r$  выдѣленного электрохимически вещества пропорціонально силѣ тока  $i$  и времени его дѣйствія  $t$ , т. е. выражается формулой  $r=kit$ , где  $k$  нѣкоторый коэфіциентъ пропорціональности (см. стр. 121 и 122). Однако, этотъ законъ можетъ быть установленъ только отдельными опытами, напр., надъ электрохимическимъ дѣйствиемъ разрядовъ различныхъ конденсаторовъ, а отнюдь не вытекаетъ самъ собой, какъ авторъ повидимому принимаетъ, изъ приведенного въ книгѣ раньше (см. стр. 121) Фарадэева же закона, согласно которому „всякий химический элементъ выдѣляется однимъ и тѣмъ же токомъ за определенное время въ точно постоянномъ количествѣ“. Одно изъ другого, повторю, во не вытекаетъ логически. Чтобы подкрѣпить мысль примѣромъ я выскажу такое положеніе мѣдномъ цилиндрѣ 2-метровой длины и 3-миллиметроваго діаметра однимъ и тѣмъ же токомъ за дѣленное время выдѣляется точно постоянно количество тепла, слѣдовательно количество выдѣленного нѣкоторымъ токомъ въ такомъ цилиндрѣ пропорціонально силѣ тока и времени его дѣйствія, т. е. выражается формулой  $w=Kit$ . А вѣдь, моя аргументація точь въ точь такая же, какъ аргументація г. Л., однако, истинная формула будетъ, какъ извѣстно,  $w=Kt^2$ !

Въ главахъ, посвященныхъ магнетизму и электромагнетизму, есть прекрасныя страницы; такъ напр., надо очень благодарить г. Лебединскаго за то, что онъ всюду старается истолковывать различные явленія этой области, опираясь на представление о магнитномъ потокѣ. Но за многое я бы хотѣлъ и упрекнуть автора.

Онъ не говоритъ, напр., что черезъ каждое поперечное сѣченіе магнитной цѣпи проходитъ одинаковый магнитный потокъ, подобно тому, какъ въ водопроводѣ черезъ каждое поперечное сѣченіе проходить одинаковый токъ воды, т. е. одинаковое количество ея въ единицу времени. Авторъ нигдѣ даже не упоминаетъ, что магнитный потокъ можно измѣрять и говорить, напр., что магнитный потокъ  $a$  равенъ удвоенному или утроенному магнитному потоку  $b$ , и т. д.

При изложеніи опыта Эрстедта авторъ сообщаетъ намъ, что магнитная стрѣлка „стремится стать въ плоскости, перпендикулярной къ проводнику, несущему токъ и перпендикулярно къ его направлению“. Да, вѣдь, разъ нѣкоторая прямая линія А расположилась въ плоскости, перпендикулярной къ прямой линіи В, то она тѣмъ самъ перпендикулярна и къ этой линіи; что же въ такомъ случаѣ значитъ добавленіе: „и перпендикулярно къ его направлению“. При томъ же, направлений, перпендикулярныхъ къ данному проводнику безконечное множество!

Далѣе, на стр. 139 и 140 авторъ сдѣлалъ правильно логично поступаетъ, примѣня "третій" законъ Ньютона о равенствѣ дѣйствія и противодѣйствія къ каждой фиктивной системѣ: отдельному току пробгаемаго токомъ проводника и магнитно-полюсу — системѣ, несуществимой въ дѣйствительности и при томъ не потому, чтобы она была технически невыполнима, а потому что она принципиально невозможна. Ньютоновъ же заявлялъ имѣть силу только для возможныхъ системъ\*).

Очень интересно изложены параграфы, посвященные электромагнитной теоріи свѣта, явленію Зеемана и пр.

Послѣдняя лекція X, въ которой авторъ говоритъ о соотношеніяхъ между эфиромъ и матеріей, о радиоактивныхъ веществахъ, обѣ электронахъ... могла бы быть очень интересной, тѣмъ болѣе, что относится до предметовъ, надѣя которыми г. Лебединскій специально работалъ; но къ сожалѣнію, она до такой степени скжата, что ее надо даже назвать скомканной.

Въ заключеніе я выскажу еще слѣдующее. Мнѣ пришлось за многое упрекнуть, и иногда даже рѣзко, книгу г. Лебединскаго, но какъ говорится и у *a fagots et fagots*, есть упреки и упреки, и я сдѣлалъ должнѣ выставлять на видъ и подчеркивать все различіе между тѣми упреками, которые я сдѣлалъ книгу г. Лебединскаго, и напримѣръ, тѣми упреками, которые мнѣ недавно приходилось дѣлать книгу г. Несенна за ея работу, измѣряемую въ "джоуль-метрахъ" въ секунду, и т. д., и т. д.

На этомъ я и окончу свою рецензію, но добавлю въ ней еще слѣдующее пожеланіе.

По моему было бы въ высшей степени желательно, чтобы тѣ изъ нашихъ ученыхъ, которые не считаютъ своей единственной задачей повторять, показывать легкими измѣненіями, чужіе опыты — все равнѣй какъ въ какой области, лишь бы только сенсационные источники — преподавать, пожалуй съ легкими доказательствами, то что раньше имѣя преподавали, и имѣя какъ имѣя преподавали; было бы въ рукахъ степени желательно, говорю я, чтобы эти ученые, къ числу которыхъ безспорно принадлежатъ и уважаемый авторъ "Лекцій по физикѣ", прѣли бы по больше вниманія классическимъ трумъ Остwaldа и Maxa по натуральной философіи и энергетикѣ.

Тэйръ.

**The Electrical Magazine.** Theo Feilden, Editor-in-Chief. London. 12 №№ въ годъ. Цѣна 12 шиллинговъ, пенсовъ.

Къ намъ въ редакцію присланы четыре первыхъ номера новаго журнала: «The Electrical Magazine». Каждый номеръ этого журнала представляетъ изъ себя книжку около 120 стр., снабженныхъ многочисленными и хорошо исполненными иллюстраціями. Журналъ стремится охватить по возможности всѣ отдыбы теоріи электричества и электротехники: напр. № 4 находимъ статью обѣ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ, о теоріи альтернаторовъ, о газовыхъ машинахъ, обѣ электрическихъ кранахъ, о паровыхъ турбинахъ, обѣ электро-пневматической системѣ Арнольда для электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, о выпрямительѣ Юнита и ртутной лампѣ, гальванопластикѣ, о лучахъ Блондо, о проектированіи динамомашинъ и т. д. Цѣлая масса мелкихъ замѣтокъ касается, кроме того, всевозможныхъ отдельныхъ вопросовъ техники и науки; есть особый отдѣльный, посвященный вопросамъ студентовъ и отвѣтамъ на нихъ профессоровъ. Словомъ — въ смыслѣ полноты и разнообразія не остается желать ничего лучшаго.

Сотрудники въ новомъ журнальѣ весьма хорошие.

Достаточно отмѣтить, что между ними находятся Мордей, Содди, Грэй, Свинбурнъ, Кеннеди, Хэй, Ларморъ и др.

Въ вышедшихъ уже номерахъ начаты печатаніемъ нѣсколько интересныхъ статей, какъ напр., "Теорія альтернаторовъ", Альфреда Хэя; "О многофазныхъ генераторахъ" Эборалля; "Примѣненія электричества въ рудникахъ" Перси Аллена и т. д. Словомъ, новый журналъ весьма занимателенъ и многія статьи въ немъ могутъ быть прочтены съ большими интересомъ.

Одно только непріятно дѣйствуетъ на читателя: это огромное количество саморекламъ во всякихъ видахъ: въ видѣ отдельныхъ прибавленій, объявлений, выносокъ внизу страницъ, прямо въ текстѣ, на поляхъ, — гдѣ угодно. Можетъ быть, конечно, на привычного къ такой саморекламѣ читателя она не производить непріятного впечатлѣнія, но непривычный глазъ она рѣжетъ.

Издание, бумага, рисунки превосходны.

## НОВЫЯ ИЗДАНІЯ.

**Записки Николаевскаго Отдѣленія Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.** Годъ I. Мартъ 1904 г. Редакторъ инженеръ I. Каннегисеръ. Подписная цѣна — 6 рб. въ годъ. № 1. 48 стр. въ 8 д. л.

Постоянныій Комитетъ Всероссийскихъ Электротехническихъ Съѣздовъ. **Правила для испытаний электрическихъ машинъ и трансформаторовъ.** Рекомендованы Третымъ Всероссийскимъ Съѣздомъ 1903—1904 г. въ С.-Петербургѣ. Цѣна 30 коп. 18 стр. въ 8 д. л.

Постоянныій Комитетъ Всероссийскихъ Электротехническихъ Съѣздовъ. **Техническія условия для электрическихъ проводниковъ.** Рекомендованы Третымъ Всероссийскимъ Электротехническимъ Съѣздомъ 1903—1904 г., въ С.-Петербургѣ. 20 стр. въ 8 д. л. Цѣна 40 коп.

**Etude sur le r esonance dans les r seaux de distribution par courants alternatifs.** par G. Chevrier. Edit  par L'Ecl. Electr. Paris. 1904. 76 стр. въ 16 д. л.

## Къ вопросу о зажиганіи дуги.

Въ началѣ прошлаго года В. Ф. Миткевичъ высказалъ взглядъ, что вольтова дуга представляетъ изъ себя явленіе въ существенныхъ чертахъ схожее съ катоднымъ потокомъ въ кружковой трубкѣ. Ему удалось показать, что въ образованіи дуги играютъ главную роль отрицательные ионы, онъ перенесъ тяжесть дуги съ положительного на отрицательный электродъ. Мало того, онъ экспериментальнымъ путемъ опредѣлилъ знаменитое отношеніе  $\frac{e}{m}$  для несущихся съ катода ионовъ, и оно оказалось порядка  $10^7$ , т. е. тѣмъ же, что и въ катодныхъ лучахъ.

Идея Миткевича была самостоятельно развита и заграницей: Д. Д. Томсонъ и Штаркъ указывали на преобладающее значение катода и построили теоріи вольтовой дуги, весьма близкія къ взглядамъ Миткевича.

Въ ноябрѣ прошлаго (1903) года В. Ф. Миткевичъ показалъ весьма интересный и поучительный опытъ, иллюстрирующій созданную имъ теорію вольтовой дуги. Давно уже было извѣ-

\* Я не доказываю подробнѣе этотъ упрекъ, чтобы не удлинять чрезмѣрно свою рецензію.

стно, что если во время горѣнія дуги отключить ее отъ источника тока и когда она потухнетъ опять приключить, не сводя притомъ углей, то иногда дуга сама загорается снова. Время между отключениемъ и приключениемъ дуги можетъ доходить иногда до нѣсколькихъ секундъ.

В. Ф. Миткевичъ воспользовался этимъ явленіемъ и показалъ, что дуга зажигается не всегда, а необходимымъ для этого условиемъ является высокая температура отрицательного угла. Если онъ достаточно нагрѣть, то можно зажечь дугу даже и въ томъ случаѣ, когда анодъ совершенно холоденъ. Наоборотъ, если катодъ холодный и нагрѣть только анодъ, то дугу никоимъ образомъ зажечь нельзя.

Работая съ вольтовой дугой перемѣнного тока, я наткнулся на явленіе, близко напоминающее опыты Миткевича. Такъ какъ это явленіе даетъ еще одно подтвержденіе теоріи Миткевича, то я позволю себѣ сказать о немъ нѣсколько словъ.

Для одного опыта мнѣ нужно было получить дугу перемѣнного тока между желѣзомъ и углемъ (съ фитилемъ) съ силой тока около четырехъ амперъ. Зажечь такую дугу непосредственно оказалось невозможнымъ: она весьма быстро потухала, такъ какъ, повидимому, уголь и желѣзо не разогрѣвались хорошошыко (многоамперная дуга зажигается легко). Я попробовалъ тогда разогрѣть предварительно электроды постояннымъ токомъ и потомъ переключить на перемѣнный. Но тутъ оказалось, что при переключеніи дуга далеко не всегда снова загорается. Желѣзный электродъ помѣщался сначала внизу. Если въ первоначальной дугѣ постоянного тока онъ служилъ катодомъ, то дуга перемѣнного тока загоралась и горѣла весьма долгое время достаточно устойчиво. Если же желѣзо первоначально служило анодомъ, то при переключеніи на перемѣнный токъ дуга совсѣмъ не загоралась. Какъ ни быстро дѣлалось переключеніе (рукой), результатъ получался одинъ и тотъ же. Только при очень короткой дугѣ и весьма быстрымъ переключеніи дуга перемѣнного тока загоралась, но очень скоро, почти мгновенно, потухала. Когда желѣзо было помѣщено сверху, то явленіе сказалось гораздо менѣе рѣзко, хотя и въ этомъ случаѣ дуга постоянно лучше зажигалась, если желѣзо было предварительно катодомъ.

Объясненіе наблюденнаго явленія съ точки зрѣнія теоріи Миткевича весьма просто. Извѣстно, что въ дугѣ перемѣнного тока между углемъ и металломъ наступаетъ весьма сильная диссиметрія: токъ въ ней въ той части периода, когда желѣзо служить катодомъ, совершенно (или почти) задерживается и такимъ образомъ является выпрямленнымъ. Когда же желѣзо въ дугѣ постоянного тока служить катодомъ, то уголь, будучи анодомъ, сильно разогрѣвается и при послѣдующемъ переключеніи тока на перемѣнный,

оказавшись въ извѣстный моментъ катодомъ, даетъ возможность дугѣ загорѣться и подожгиваться. Наоборотъ, если же желѣзо было анодомъ, то уголь мало разогрѣвался (хотя и помѣщался наверху) и при переключеніи съ постоянного тока на перемѣнный успѣвалъ достаточно сильно охладиться. Когда онъ оказывался въ нѣкоторый моментъ въ дугѣ перемѣнного тока катодомъ, его температура спускалась уже слишкомъ низко, чтобы изъ него могли выделяться въ нужномъ количествѣ отрицательные ионы и дуга не зажигалась. Когда же желѣзо помѣщалось на верху, то уголь, служа нижнимъ электродомъ, успѣвалъ независимо отъ первоначального направления постоянного тока весьма значительно охладиться и разница въ явленіяхъ стушевывалась, но за то и самое зажиганіе удавалось вообще гораздо хуже.

Чтобы окончательно провѣрить себя, я слѣдалъ слѣдующій контрольный опытъ, еще болѣе близко напоминающій опытъ Миткевича. Две мѣдные пластины (внизу) и углемъ зажигались постояннымъ токомъ и затѣмъ при помощи двухполюснаго переключателя измѣнялось направление тока. Явленіе получилось совершенно то, какое и слѣдовало ожидать. Если же желѣзо служило первоначально катодомъ, то при переключеніи полюсовъ дуга безошибочно зажигалась; если же же желѣзо служило первоначально анодомъ, то ни разу не удалось при переключеніи зажечь дугу. Въ послѣднемъ случаѣ и хотя и съ нѣкоторымъ трудомъ удавалось зажечь дугу при быстромъ обратномъ переключеніи полюсовъ въ первоначальное положеніе.

Эти опыты удаются чрезвычайно легко и могутъ быть каждымъ продѣланы безъ всякихъ затруднений.

C. Майзель.

## ПИСЬМО ВЪ РЕДАКЦІЮ.

Милостивые Государи!

Настоящимъ имѣмъ честь довести до свѣдѣнія уважаемой Редакціи, что въ цѣляхъ достиженія наибольшаго совершенства въ области безпроволочного телеграфированія, какъ въ морскомъ, такъ и сухопутномъ дѣлѣ, а также и введенія производства въ Россіи,—наше Общество образовало особое отдѣленіе для устройства безпроволочнаго телеграфа по системѣ профессора А. С. Попова и общества безпроволочной телеграфіи въ Берлинѣ.

Настоящее объединеніе имѣющаго всемирное значеніе изобрѣтенія сдѣланнаго въ Россіи профессоромъ А. С. Поповымъ, его опытности примѣненія безпроволочнаго телеграфа на дѣлѣ—съ изобрѣтеніями и обширной практикой „Общества безпроволочной телеграфіи“, дастъ возможность примѣнять въ Россіи приборы, во всемъ удовлетворяющіе вполнѣ высшимъ требованіямъ.

Просимъ принять увѣреніе въ совершенномъ поченіи и преданности

Акционерное общество русскихъ электротехническихъ заводовъ Сименсъ и Гальске.

(Подписи) Гервагентъ, Эфронъ.