

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

О процессѣ самовозбужденія динамомашинъ
постояннаго тока съ параллельнымъ возбуж-
деніемъ.

Статья А. Крукоскаго.

Въ настоящее время вопросъ о процессѣ самовозбужденія динамомашинъ, несмотря на то, что теорія 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 бѣглыя указанія. Въ текущей литературѣ, насколько мнѣ извѣстно, кромѣ работъ Г. Гервига (Wied. Ann. 7. 193), 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 представляетъ 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 допущеніями, но приходитъ къ заключенію, что подсчетъ является невозможнымъ и приводитъ 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 динамомашинъ.

n —полное число проводниковъ якоря.

p —число паръ полюсовъ.

p_1 —число паръ параллельныхъ вѣтвей арматуры.

X —число оборотовъ якоря въ минуту.

Φ_a —магнитный потокъ, входящій въ якорь изъ одного полюса.

Φ_m —магнитный потокъ, проходящій черезъ сердечникъ электромагнита.

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

$R_0 = R_a + R_b + R_c$ —сопротивленіе якоря, измѣряемое между отводными зажимами, считая щетки и контакты.

R_v —сопротивленіе реостата регулирующаго возбужденіе.

R_m —сопротивленіе одной изъ группъ электромагнитовъ.

$$R = R_0 + R_v + R_m.$$

$\eta = \frac{\Phi_a}{\Phi_m}$ —коэффициентъ разсѣиванія магнитнаго потока.

p_0 —число параллельно включенныхъ группъ электромагнитовъ.

N_0 —число витковъ на одномъ полюсѣ электромагнита.

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

L —коэффициентъ самоиндукціи реостата (С. G. S.).

λ —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.

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

Переходя къ аналитическому изслѣдованію вопроса, прежде всего необходимо дать математическое выраженіе измѣненія магнитнаго потока, проходящаго черезъ якорь динамомашинъ, въ функціи дѣйствующихъ амперъ-витковъ. Изъ цѣлаго ряда предложенныхъ для этой цѣли формулъ (формулы: Каппа, Клаузіуса, Фрелиха, Флеминга и др.) весьма удобна для пользованія и даетъ хорошіе результаты формула Фрелиха. Какъ извѣстно, она имѣетъ слѣдующій видъ:

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

гдѣ Φ_0 —потокъ остаточнаго магнетизма, C и A —постоянныя, которыя могутъ быть найдены для каждаго частнаго случая по магнитной характеристикѣ изслѣдуемой машины. Въ дальнѣйшемъ

мы и будемъ пользоваться формулой Фрелиха. Съ внѣшней стороны процессъ самовозбужденія динамомашинъ съ параллельнымъ возбужденіемъ совершается слѣдующимъ образомъ. Предположимъ, что внѣшняя цѣпь и катушки электромагнитовъ не имѣютъ сообщенія съ якоремъ и динамомашина 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 $p_0 x$, который, увеличивая магнитный потокъ, пронизывающій якорь, повышаетъ тѣмъ самымъ электродвижущую силу E ; возрастаніе E вызываетъ увеличеніе силы тока $p_0 x$, въ свою очередь увеличивающаго магнитный потокъ, а слѣдовательно, и электродвижущую силу и т. д. Процессъ протекаетъ непрерывно до тѣхъ поръ, пока сила тока $p_0 x$, 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; кромѣ того, извѣстное вліяніе на магнитное поле будетъ оказывать идущій въ якорѣ токъ, питающій электромагниты. Части динамомашинъ, въ которыхъ появляются токи Фуко, являются какъ бы вторичными цѣпями трансформаторовъ. Если принять во вниманіе сравнительную сложность геометрическихъ формъ магнитныхъ цѣпей, неизбежность самоиндукціи и собственнаго разсѣиванія въ этихъ «вторичныхъ» цѣпяхъ, становится само по себѣ понятнымъ, что точное опредѣленіе размагничивающаго дѣйствія токовъ Фуко практически выполнить весьма затруднительно. Для приближеннаго опредѣленія амперъ-витковъ, созданныхъ токами Фуко, можно поступить слѣдующимъ образомъ. Въ какой либо части магнитной цѣпи вообразимъ нѣкоторый 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, гдѣ M — величина постоянная. Если W будетъ омическое сопротивление контура, амперъ-витки токовъ Фуко въ контурѣ Δaw_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:

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

*) Говоря о «равновѣсномъ положеніи», мы не принимаемъ во вниманіе пульсаций 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 той же формулой. Въ болѣе сложныхъ случаяхъ величину S приходится находить по частямъ, разбивая магнитную цѣпь динамо на участки съ однообразной формой. — Такимъ образомъ магнитный потокъ, пронизывающій магнитную цѣпь машины, есть сложная функція амперъ-витковъ электромагнитовъ aw_m , амперъ-витковъ якоря aw_a и амперъ-витковъ токовъ Фуко aw_f . Принимая во вниманіе, что вектора aw_m , aw_a обыкновенно имѣютъ разность фазъ $= 180^\circ$ и допустивъ, что, векторъ aw_f совпадаетъ съ фазой съ векторомъ aw_a , для результирующаго амперъ-витковъ мы можемъ написать слѣдующее выраженіе:

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

Но $aw_m = b N_0 x$. Тогда если:

$$\left. \begin{aligned} aw_a &= b N_0 g \\ aw_f &= b N_0 y \\ aw &= b N_0 J \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots$$

формула Фрелиха можетъ быть представлена:

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

такъ какъ g измѣняется пропорціонально x , то имѣемъ:

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

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C_0 (\tau x - y)}{\tau x + A_0 - y} = \Phi_0 + \frac{C_0 J}{J + A_0} \dots \dots \dots (4)$$

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

Но $J = \tau x - y$; тогда:

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

p и q — постоянныя.

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

*) Или 0° , т. е. совпадаютъ. Последнее встрѣчается сравнительно рѣдко.

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

то $\frac{d\Phi_a}{dt} = \frac{d\Phi_a}{dx} \frac{dx}{dt} + \frac{d\Phi_a}{dy} \frac{dy}{dt}$, тогда из форм-
улы (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:

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

Из уравнения $aw_t = S \frac{d\Phi_a}{dt} 10^{-8} = b N_0 y$ и уравнения (7) $y = \frac{S}{b N_0} \cdot \frac{d\Phi_a}{dt} 10^{-8} = \frac{S \cdot C_0 A_0}{b N_0 (\tau x - y + A_0)^2} \left(\tau \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) 10^{-8} = \frac{D}{(\tau x - y + A_0)^2} \left(\tau \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) 10^{-8} = \frac{D}{(J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} 10^{-8} \quad (9)$

уравнение (8) можно представить:

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

Уравнения (9) и (10) решают вопрос о всех изменениях при процессе самовозбуждения динамомашины с параллельным возбуждением.

Непосредственное интегрирование полученных уравнений, хотя и может быть выполнено, но сопряжено с довольно значительными выкладками, трудность которых не окупается строгого результатов.

Для упрощения вычислений, и с достаточной практики точностью, можно поступить следующим образом. Коэффициент размагничивания магнитного потока η мало изменяется при обычных формах магнитных характеристик динамомашины, поэтому приняв во внимание форму уравнения (10), будем его считать постоянным с некоторым средним значением η_0 . Далее, мы можем пренебречь электродвижущей силой самоиндукции реостата $p_0 L \frac{dx}{dt}$, весьма незначи-

тельной в сравнении с другими действующими электродвижущими силами. После таких допущений, уравнения (9) и (10) получают следующий упрощенный вид:

$$p_0 x R = K\Phi_0 + \frac{KC_0(\tau x - y)}{\tau x - y + A_0} + \left(\lambda - \frac{b N_0}{\eta_0} \right) \frac{C_0 A_0}{D} y \quad (11)$$

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

Дифференцируя уравнение (11) найдем:

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

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

Определив из уравнения (11) $y = \varphi(x)$ и подставив значение y в подынтегральное выражение, найдем:

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

Полученное уравнение определяет изменение тока в электромагнитах в течение переменного периода самовозбуждения. Для определения изменений электродвижущей силы, развиваемой машиной, в функции времени, несколько преобразуем наши основные уравнения. Выше (уравнение 9) мы имѣли:

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

Уравнение (11) можно представить в формѣ:

$$p_0 \tau x R = \tau \left[K\Phi_0 + \frac{KCJ}{J + A_0} + \left(\lambda - \frac{b N_0}{\eta} \right) \frac{C_0 A_0}{(J + A_0)^2} \left(\frac{dJ}{dt} \right) 10^{-8} \right], \text{ тогда } J = \tau x - y = \frac{\tau}{R p_0} \left[K\Phi_0 + \frac{KCJ}{J + A_0} + \frac{(\lambda \eta_0 - b N_0) C_0 A_0}{10^8 \eta_0 (J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} \right] - \frac{D}{(J + A_0)^2} \frac{dJ}{dt} 10^{-8}$$

$$J = \frac{\tau K \Phi_0}{R p_0} + \frac{\tau K C J}{p_0 (J + A_0) R} + \left[\frac{(\lambda \eta_0 - b N_0) \tau C_0 A_0}{p_0 \eta_0 R} - D \right] \frac{10^{-8}}{(J + A_0)^2} \left(\frac{dJ}{dt} \right) \text{ или: } \{ (p_0 R J - \tau K \Phi_0) (J + A_0) - \tau K C_0 J \} [J + A_0] = \left[\frac{(\lambda \eta_0 - b N_0) \tau C_0 A_0 - D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 \cdot 10^8} \right] \frac{dJ}{dt}$$

$$\text{откуда } dt = \frac{(b N_0 - \lambda \eta_0) \tau C_0 A_0 + D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 (J + A_0) [\tau K C_0 J + (J + A_0) \tau K \Phi_0 - p_0 R J]} \frac{dJ}{dt} 10^{-8}$$

$$\text{и } t = \frac{(b N_0 - \lambda \eta_0) \tau C_0 A_0 + D p_0 \eta_0 R}{\eta_0 \cdot 10^8} \int_0^J \frac{dJ}{(J + A_0) [\tau K C_0 J - (J + A_0) (p_0 R J - \tau K \Phi_0)]} = F_1(J) \quad (15)$$

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

*) Выражение: $\left(K\Phi_a + \lambda \frac{d\Phi_a}{dt} \right)$ представляет полную электродвижущую силу, развиваемую в якоре. Член $\lambda \frac{d\Phi_a}{dt}$ равен электродвижущей силе индукции неподвижного якоря, возникающей при изменении магнитного потока проходящего через якорь. $K\Phi_a$ соответствует электродвижущей силе динамо при постоянном N и неизменном магнитном потоке.

*) Для простоты изображения результата мы довольствуемся символической формой. Как легко видеть, интеграция может быть выполнена без особых затруднений.

ку *) машины, легко определить и изменения электродвижущей силы динамомашин 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 о). На кривой CD по значению J_x находим точку X. Тогда искомая точка кривой $E = \Psi(t)$ будет лежать на пересечении прямых OX' и OO'. 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 динамомашинной.

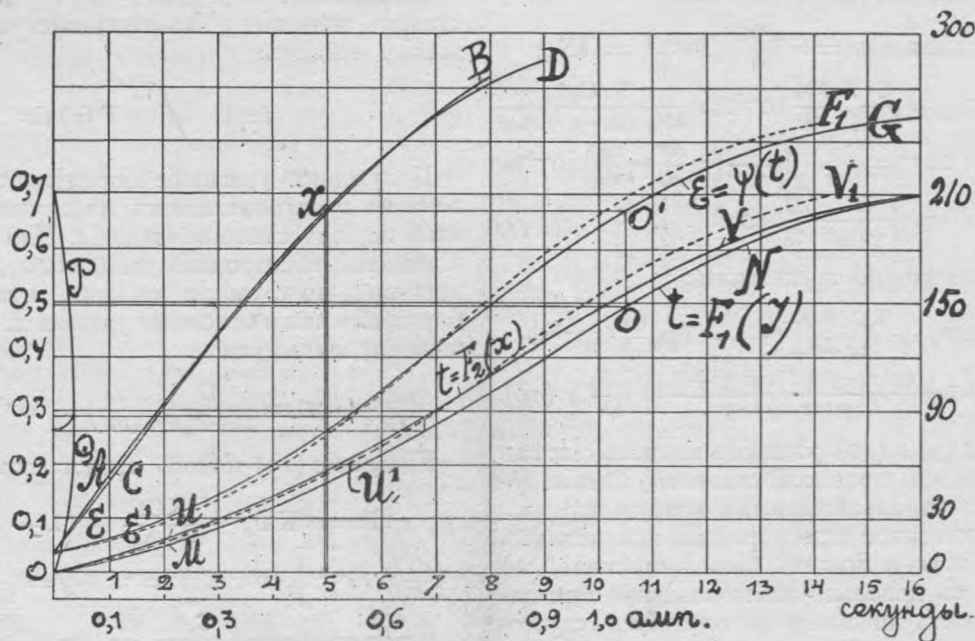
С целью проверки теоретических выводов, я исследовал, в электротехнической лабора-

от отдельной аккумуляторной батареи. Основания полученной из опыта магнитной характеристики машины были вычислены коэффициенты C_0 и A_0 формулы Фрелиха.

$$\Phi_a = \Phi_0 + \frac{C_0 J}{J + A_0} = \Phi_0 + \frac{825 \cdot 10^4 J}{J + 1,9} \quad (16)$$

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

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



Фиг. 1.

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

Нормальный ток 16 амперь.

$$bN_0 = 7910$$

Нормальное напряжение 260 вольт.

$$R = 352 \text{ ома при } 17^\circ$$

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

$$N = 1000 \text{ в } 1 \text{ минуту.}$$

Двигателем служил шунтовый электродвигатель в 6 л. с. фирмы Шуккерт, питаемый

Среднее значение коэффициента размагничивания найдено из опыта $\eta_0 = 0,89$. Проинтегрировав уравнение (15) и подставив значения постоянных коэффициентов, 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 этим уравнением, для изменения J в пределах от $J = 0$ до $J = 0,75$ по точкам была построена кривая MN, представляющая $t = F_1(J)$ *). Далее, по уравнению (11) был

*) Магнитная характеристика должна быть получена экспериментально или вычислена, при условии, что динамо получает возбуждающий ток от постороннего источника электрической энергии и, следовательно, нет реакции armатуры.

*) Как видно из уравнения (17), теоретический ток в электромагните достигает своего максимума

вычислены точки кривой PQ, определяющей зависимость между y и x . При помощи построения, указанного на чертежѣ и не требующаго пояснений, построена кривая UV, изображающая изменение тока въ электромагнитахъ въ функциѣ времени. Наконецъ, на основаніи вышеописаннаго построения, пользуясь магнитной характеристикой и кривой MN, была получена линия EP, дающая въ функциѣ времени изменение электродвижущей силы динамо E. Линіи EF [$E = \Psi(t)$] и UV [$I = F_2(x)$] построены на основаніи теоретическихъ соображеній; соответствующія имъ опытные кривыя E'F' и U'V' нанесены на точки, опредѣленные изъ цѣлаго ряда измѣреній, выполненныхъ съ соблюденіемъ необходимыхъ предосторожностей *). На чертежѣ не изображены верхнія части кривыхъ, такъ какъ соответственныя измѣненія E и X въ функциѣ 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 аналитическаго изслѣдованія вопроса, тѣмъ болѣе, что, при выводѣ окончательныхъ уравненій были сдѣланы нѣкоторыя упрощенія, а такія явленія, какъ магнитная вязкость, вліяніе пульсаций электродвижущей силы, въ виду трудности ихъ оцѣнки, и вовсе не могли быть приняты во вниманіе. Въ настоящей статьѣ изслѣдованъ процессъ самовозбужденія динамомшины при выключенной вѣншей цѣпи. Если вѣншняя цѣпь замкнута на конечное сопротивление, могущее имѣть нѣкоторую индукцію, изслѣдованіе вопроса приводитъ къ довольно интереснымъ выводамъ, не лишеннымъ, быть можетъ, и практическаго значенія. Въ практикѣ динамомашинъ замыкается на вѣншнюю цѣпь обыкновенно лишь по окончаніи перемѣннаго періода самовозбужденія. Въ силу этого и дабы объему не выйти изъ рамокъ обычной журнальной статьи, мы и ограничились разсмотрѣніемъ случая менѣе общаго, но имѣющаго значеніе въ практикѣ.

Въ заключеніе считаю своимъ пріятнымъ долгомъ принести мою искреннюю благодарность проф. Н. А. Армееву, который своими цѣнными совѣтами не мало способствовалъ успѣху моей работы.

А. Круковский.

22 апрѣля 1904 г.
г. Кіевъ.

мального значенія $J = 0,754$ амп. лишь при значеніи $t = \infty$. Практически, уже спустя 17 сек., измѣненія тока въ электромагнитахъ почти не замѣтны.

*) См. Вышеупомянутую статью L. Finzi.

Утилизациа атмосфернаго азота при помощи электричества.

Статья Л. Гурвича.

Изъ всѣхъ соединеній азота (оставляя въ сторонѣ сложныя и химически еще недостаточно изученныя бѣлковыя вещества) главную роль въ жизни современнаго культурнаго человѣчества играютъ азотная кислота и аммиакъ. Прежде всего (въ видѣ селитры и сѣроокислаго аммонія) въ качествѣ удобрительныхъ средствъ, служа для растений матеріаломъ, изъ котораго тѣ извлекаютъ необходимый для синтеза бѣлковъ азотъ. Затѣмъ идетъ цѣлый рядъ техническихъ примѣненій 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 аммиака лучше всего можетъ быть видно изъ того, что міровое потребленіе этихъ продуктовъ (въ свободномъ видѣ и въ видѣ солей) достигаетъ суммы въ 180—190 милліоновъ рублей. Приблизительно 25% всего этого количества находятъ себѣ примѣненіе въ технику; остальные же 75% идутъ на удобреніе. 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 аммиака 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% азотнокислаго натрія. Разработка этихъ залежей началась въ концѣ 50-хъ годовъ прошлаго ст., достигнувъ въ 1860 году скромной цифры 4 мил. пудовъ; но насколько 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 эксплоатаци даже самыя богатыя залежи не могутъ, конечно, сохраниться очень продолжительное время; и дѣйствительно по заключеніямъ опытныхъ экспертовъ, извѣстныя въ настоящее время южноамериканскія залежи селитры должны истощиться чрезъ ближайшія 30, самое болѣе 40 лѣтъ. Можно, правда, надѣяться, что за это время будутъ найдены еще другія мѣсторожденія селитры; такъ даже въ концѣ прошлаго года появилось сообщеніе объ открытіи 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 представляетъ собой дѣйствительно первостепенную важность.

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

Второе азотистое соединение, о котором идет рѣчь, — амміакъ — ни, конечно, въ свободномъ видѣ, ни въ видѣ солей въ природѣ въ практически замѣтных количествахъ не встрѣчается. Почти единственнымъ источникомъ амміачныхъ соединений служитъ тотъ амміакъ, который получается при сухой перегонкѣ каменнаго угля, при газовомъ ли производствѣ или при его коксованіи въ закрытыхъ коксовальныхъ печахъ. Производство важнѣйшей амміачной соли — сѣрнокислаго аммонія — достигло въ 1900 г. 14.880,000 пудовъ. Такъ какъ даже извѣстныя въ настоящее время мѣсторожденія каменнаго угля могутъ прослужить гораздо болѣе продолжительное время, чѣмъ южноамериканскія залежи селитры, и такъ какъ новыя угольныя залежи открываются во всякомъ случаѣ гораздо чаще, чѣмъ селитровыя (чего и нельзя ожидать иначе, въ виду извѣстной геологической исторіи того и другого ископаемаго), то косвенные природные источники амміачныхъ соединений во всякомъ случаѣ истощатся далеко не такъ скоро, какъ источники азотной кислоты и ея солей. Тѣмъ болѣе, что въ настоящее время еще миллионы пудовъ каменнаго угля сжигаются и коксуются безъ всякой заботы объ использованіи образующагося при перегонкѣ амміака; у насъ, въ Россіи, насколько извѣстно автору этой статьи, вообще не имѣется ни одной закрытой коксовальной печи. Можно поэтому думать, что имѣющіеся въ природѣ запасы каменнаго угля еще въ теченіи многихъ лѣтъ будутъ служить источниками, изъ которыхъ даже въ большихъ размѣрахъ, чѣмъ теперь, удастся получать соединения амміака. Въ виду этого обстоятельства, появились попытки пользоваться амміакомъ, запасы котораго во всякомъ случаѣ еще богаты, для полученія азотной кислоты, запасы которой истощаются. Сюда относятся, на примѣръ, привилегіи извѣстнаго 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 технику 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 рассчитывать лишь на мѣстное значеніе. Но въ природѣ имѣется еще одинъ, дѣйствительно неисчерпаемый и притомъ даровой источникъ азота — это воздухъ; использование свободного атмосфернаго азота — вотъ задача, которая выступаетъ на первую очередь, разъ рѣчь заходитъ о пріисканіи источниковъ для полученія азотной кислоты и другихъ полезныхъ азотистыхъ соединений.

Предметомъ техническихъ изысканій эта задача сдѣлалась лишь въ послѣднее время. Но возможность превращенія атмосфернаго азота въ тѣ или другія азотистыя соединения была обнаружена болѣе ста лѣтъ тому назадъ. Какъ извѣстно, англійскій ученый Кэвендишъ, первый, еще въ 1784 году, показалъ, что при пропусканіи искры 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 реакцій образованія окисловъ азота, т. е. обратнаго распада послѣднихъ на азотъ и кислородъ при дальнѣйшемъ дѣйствіи электрическихъ искръ. Поэтому при пропусканіи искры чрезъ смѣсь азота и кислорода, находящуюся въ замкнутомъ пространствѣ, не заключающемъ въ себѣ веществъ, способнаго поглощать окислы азота, какъ бы долго ни длилось дѣйствіе искры, удается превратить въ окислы только

часть газовой смѣси (такъ Бертелло, послѣ 18-ваго пропусканія искры, получилъ смѣсь, состоящую по объему, изъ 28% азота, 56% кислорода и 14% двуокиси азота).

Что является непосредственной причиной образованія окисловъ азота при дѣйствіи электрическихъ разрядовъ: одно только нагреваніе газовъ, или трясеніе и распаденіе молекулъ азота и кислорода подѣ дѣйствіемъ электрическихъ колебаній, или то и другое вмѣстѣ? Другими словами, оказываются ли электрическіе разряды въ данномъ случаѣ чистымъ термическимъ дѣйствіемъ, или специфически электрическимъ, или же, наконецъ, смѣшаннымъ? Вопросъ этотъ, одинаково интересный, какъ для теоріи, такъ и для практики, къ сожалѣнію еще не вполне выясненъ. Цѣлый рядъ фактовъ доказываетъ съ немалой мѣриной, что одно только повышеніе температуры, безъ какого либо электрическаго воздѣйствія, можетъ служить причиной образованія окисловъ азота; такъ въ продуктахъ горѣнія свѣтлительнаго спирта, эфира и т. д., можно обнаружить азотистую кислоту; при выдуваніи предметовъ изъ размягченнаго кварца, требующемъ высокой температуры, ямени кремучаго газа, всегда ощущается замѣтный запахъ двуокиси азота и по сообщенію Shensien, тотъ же газъ получается при нагреваніи смѣси азота и кислорода въ сосудѣ изъ кварца въ пламени кремучаго газа *). Поэтому, на примѣръ, Мутманъ и Гоферъ считаютъ образованіе окисловъ азота подѣ дѣйствіемъ электрическихъ искръ или пламени чистымъ термическимъ реакціей, такъ что по ихъ мнѣнію роль электрическаго тока ограничивается здѣсь, какъ и въ другихъ чисто электротермическихъ процессахъ, только тѣмъ, что онъ даетъ возможность удобно получать крайне высокія температуры **). Того же мнѣнія придерживается и Круксъ ***) , полагая, что азотъ при извѣстныхъ условіяхъ способенъ прѣвратиться въ кислородъ; но такъ какъ развиваемая при горѣніи азота температура ниже той, которая требуется для его воспламененія, то безъ притока теплоты извнѣ пламя азота поддерживаться и распространяться не можетъ. Однако, нѣкоторые обстоятельства говорятъ за то, что помимо развитія высокой температуры, электрическіе разряды при дѣйствіи на смѣсь азота и кислорода оказываютъ еще другое дѣйствіе; такъ окислы азота образуются не только подѣ дѣйствіемъ электрическихъ искръ и пламени, но также и съ тихими электрическими разрядами (эффлувіемъ), гдѣ нельзя предположить значительнаго повышенія температуры (правда, что образованіе окисловъ здѣсь сравнительно незначительно и требуетъ высокихъ напряженій). Затѣмъ, образованіе окисловъ азота въ сильной мѣрѣ зависитъ отъ характера электрическихъ разрядовъ; на болѣе благоприятнымъ оказывается, повидимому, дѣйствіе быстро тухнущихъ и слѣдующихъ другъ за другомъ маленюхихъ пламенеобразныхъ разрядовъ; это не совсѣмъ понятно, если предполагать, что все дѣло здѣсь только въ достаточно высокой температурѣ. Наоборотъ, эти обстоятельства указываютъ на то, что электрическіе разряды какъ бы расшатываютъ молекулы азота и кислорода и облегчаютъ ихъ атомамъ вступленіе во взаимодействіе, совершающееся затѣмъ при содѣйствіи притекающей теплоты, то есть при условіи высокой температуры.

Какъ бы то ни было, образованіе окисловъ азота представляетъ собой эндотермическую реакцію, т. е. требуетъ притока энергіи извнѣ, 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 u. Hofer, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 1903, стр. 451.

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

привично под дѣйствіемъ электрическихъ разрядовъ; въ немъ уже изъ нея, присоединеніемъ еще одного атома кислорода, образуется двуокись азота NO_2 . Изученію реакціи образованія окиси азота изъ кислорода и азота посвящено обстоятельное изслѣдованіе Мутмана и Гофера (уже цитированное выше); такъ какъ эта работа имѣетъ большое значеніе не только для теоріи, но и для дальнѣйшей практической разработки занимающаго насъ вопроса, то мы остановимся на ней нѣсколько дольше.

Опыты Мутмана и Гофера производились слѣдующимъ образомъ. Черезъ стеклянный 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, черезъ которые вводились въ баллонъ электроды—мѣдные стержни съ платиновыми иглообразными наконечниками; разстояніе между электродами могло по желанію мѣняться. Переменный 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 не въ видѣ искры, а въ видѣ пламени около 1 см. вышнимъ, 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 цвѣтъ, пирометръ Ле-Шателье показываетъ температуру 900—1000°; затѣмъ слѣдуетъ зеленоватоголубой поясъ съ температурой 1400—1450°; наконецъ, въ нижнемъ поясѣ, свѣтящемъ яркимъ зеленоватобѣлымъ свѣтомъ, спай пирометра расплавляется, такъ что температура здѣсь во всякомъ случаѣ выше 1800°. Въ этомъ поясѣ и отчасти въ среднемъ совершается соединеніе азота съ кислородомъ въ окись NO ; въ верхнемъ поясѣ окись сгораетъ въ двуокись NO_2 .

Рядъ подобныхъ опытовъ, причемъ мѣнялись: 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. укорачиваніе электрическаго пламени увеличиваетъ выходъ окиси; такъ, напримеръ, 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 чѣмъ короче пламя, тѣмъ выше его температура. При измѣненіи (въ извѣстныхъ предѣлахъ) скорости тока воздуха процентное содержаніе окиси азота въ газовой смѣси почти не мѣняется; другими словами, количество образуемой въ единицу времени окиси прямо пропорціонально быстротѣ движенія воздуха. Очень благоприятное дѣйствіе на образованіе окиси азота оказываетъ повышеніе 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 образованія окиси азота, въ качествѣ обратной реакціи, выражается, по извѣстному закону Гульдберга и Вааге, слѣдующей формулой:

$$K = \frac{C_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{O}_2}}{(C_{\text{NO}})^2},$$

гдѣ C_{N_2} , C_{O_2} и C_{NO} означаютъ concentracіи (въ объемахъ) азота, кислорода и окиси азота въ газовой смѣси при достиженіи предѣла равновѣсія, K —нѣкоторую постоянную, зависящую только отъ температуры. Изъ этой формулы видно, что concentracія окиси азота возрастаетъ при повышеніи 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 постоянной K для температуры 1800° Мутманъ и Гоферъ опредѣлили равной 119. Зная эту величину, можно произвести нѣсколько подсчетовъ, приводящихъ къ очень интереснымъ выводамъ, имѣющимъ и практическое значеніе. Изъ величины $K=119$ для C_{NO} , при употребленіи воздуха, т. е. смѣси состоящей изъ 80% N_2 и 20% O_2 , вычисляется около 3,6% (что и подтверждено опытами). Для образованія 1 граммъ-частицы, т. е. 30 гр. окиси азота требуется 21600 калорій; кромѣ 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 $7,67 \cdot 1800 = 13800$ кал. Но, какъ только что сказано, только 3,6% воздуха превращаются въ окись азота; остальные же 96,4% составляютъ бесполезный балластъ, который, однако же, также долженъ быть нагрѣтъ до 18.0°; на 30 грм. окиси азота остается $\frac{96,4 \cdot 30}{3,6} = 804$ грм.

неизмѣннаго воздуха и для нагрѣванія его до 1800° требуется (считая „молекулу“ воздуха=29) $27,8 \cdot 13800 = 382260$ калорій. 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 бесполезно на нагрѣваніе избытка воздуха.

Возьмемъ, однако, вмѣсто воздуха смѣсь равныхъ объемовъ кислорода и азота. Въ этомъ случаѣ concentracія окиси азота составитъ $\sqrt{\frac{50 \cdot 50}{119}} =$ около

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 составитъ 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, напримеръ, работая по принципу вострѣжнаго движенія, т. е. подогрѣвая этой газовой смѣсью свѣжую смѣсь, вступающую въ область пламени.

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

Что подобныя каталитическія дѣйствія въ данномъ случаѣ возможны, показываютъ опыты Лепеля **). Названный авторъ изслѣдовалъ вліяніе мате-

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

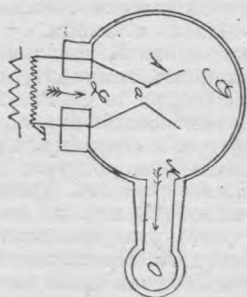
**) F. Lepel, Berichte d. deutsche chem. Ges. 1897, стр

риала электродовъ на образование окисловъ азота; кромѣ того, въ области электрическаго пламени вводились (конечно, въ небольшихъ количествахъ) растворы различныхъ солей. Послѣднее дѣлалось 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, имѣющий видъ горизонтально расположеннаго креста, 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 дѣйствіе растворовъ солей оказывается довольно значительнымъ; болѣе всего способствуютъ образованию окисловъ азота при такомъ расположении опыта углекислый и ѣдкій кали (ѣдкій натръ вдвое меньше), сѣрнокислыя соли мѣди, кадмія и желѣза. Вліяніе матеріала самихъ электродовъ видно, на примѣръ изъ того, что при употребленіи цинковаго анода и алюминіеваго катода получаются гораздо лучшіе результаты, чѣмъ съ мѣднымъ анодомъ и угольнымъ катодомъ. Наконецъ, значеніе имѣетъ также и форма электродовъ: лучше, чтобы анодъ имѣлъ видъ острія, катодъ же былъ плоскимъ *).

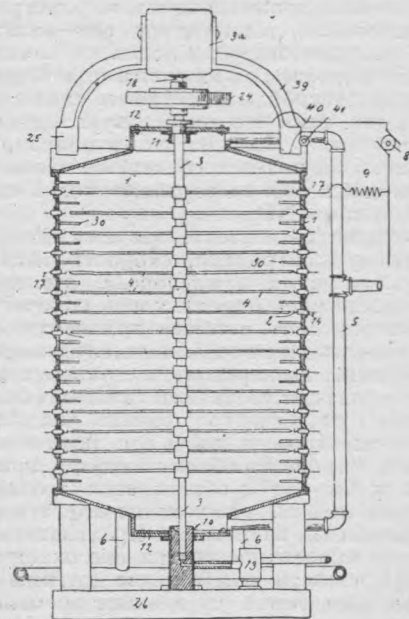
Если описанныя до сихъ поръ изслѣдованія носить характеръ только лабораторныхъ опытовъ, то способъ американскихъ химиковъ Брайлей и Ловджой уже вышелъ изъ этой стадіи; общество „Atmospheric Products Co“, съ капиталомъ въ 1 мил. долларовъ, намѣрено эксплуатировать его въ широкихъ размѣрахъ и уже построило пробную заводскую установку у Ниагарскаго водопада **). Не передавая подробностей своихъ изслѣдованій, Bradley и Lovejoy указываютъ, что образование окисловъ азота зависитъ существеннымъ образомъ отъ двухъ факторовъ: 1) отъ 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) непригодны ни тихій разрядъ, ни обыкновенная искра, а маленькіе, 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

содержаніе. Приборъ, описанный въ англійской патентной лѣтѣ Atmospheric Products Co (№ 8230, 1901 года) имѣетъ слѣдующую конструкцію. Сосудъ изъ огнеупорнаго матеріала G (фиг. 2), въ который воздухъ вводится чрезъ отверстие L, а выводится чрезъ M въ сборную трубу O, заключаетъ въ себѣ металлическую дужку A, состоящую изъ двухъ изогнутыхъ проволокъ, стѣны которыхъ, какъ видно изъ фигуры, обращены другъ къ другу; нижніе концы проволокъ мѣдныя соединены съ вторичной обмоткой трансформатора T. При замыканіи тока въ a, между наиболѣе близкими точками проволокъ, проскакиваетъ 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 смѣняющихся разрядовъ, какой оказываетъ наиболѣе благоприятное дѣйствіе на образование 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 Брайлей и Ловджой остановились поэтому на другой конструкціи. Аппаратъ ихъ, работающій на Ниагарскомъ водопадѣ, имѣетъ 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 обуславливается, по всей вѣроятности, тѣмъ, что они представляютъ наибольшую площадь соприкосновенія съ воздухомъ. Подобные разряды могутъ быть получены различными спо-

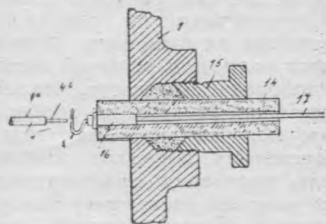
1027 и 1903, стр. 1251. Также его брошюра «Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffes», 1903 г., изъ которой заимствованы нѣкоторыя данныя этой статьи.

*) Подобное же вліяніе формы электродовъ оказываютъ, какъ показалъ Варбургъ, на образование 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.

сти спицъ (4); къ концамъ этихъ спицъ прикрѣплены платиновыя острія (4b), служащіе электродами (фиг. 4); противоположные электроды, имѣющіе видъ загнутыхъ вверхъ крючковъ (2), проведены чрезъ стѣнки цилиндра и расположены на однихъ 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 моментъ, когда остріе (4) проходитъ мимо крючка (2); затѣмъ она растягивается, разрывается и смѣняется новой. Вертикальная ось дѣлаетъ 500 оборотовъ въ минуту; такимъ образомъ мимо каждого электрода-

крючка въ минуту пробѣгаетъ $500.6 = 3000$ спиць; для того, чтобы искры могли такъ быстро слѣдовать одна за другой, не сливаясь между собой, между генераторомъ тока (8) и электродами-крючками включены индукціонныя катушки (9). Благодаря этому внутри всего аппарата производится $3000.6.23 = 414000$ отдѣльныхъ, 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 10000 вольтъ отъ динамо особой конструкции. Воздухъ пропускается чрезъ аппаратъ съ такой скоростью, что мимо каждого электрода (2) проходитъ 2,3 литра въ минуту, другими словами на каждый литръ воздуха



Фиг. 4.

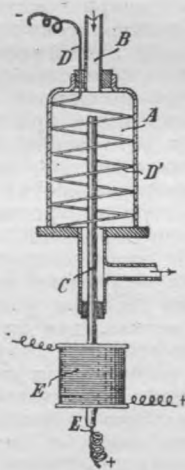
дѣйствуютъ въ среднемъ около 1300 разрядовъ. Для уменьшенія разрушительнаго дѣйствія окисловъ азота на металлическія части аппарата воздухъ предварительно высушивается охлажденіемъ. Выступающій изъ аппарата воздухъ содержитъ въ себѣ $2\frac{1}{2}$ объемныхъ процента двуокиси азота. Что касается затраты энергіи, то для полученія 1 кило NO_3H пока еще требуется 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 *), состоящій въ томъ, что воздухъ или смѣсь азота и кислорода подвергается дѣйствію темныхъ разрядовъ въ озонизаторѣ въ присутствіи 1—2 объемныхъ процентовъ амміака; роль послѣдняго та же, что роль щелочи въ опытѣ Кювендиша съ искрой: связывать первично образующіеся окислы азота и предохранять ихъ отъ обратнаго разложенія; получается азотнокислый аммоній, отлагающійся въ видѣ кристалловъ на стѣнкахъ аппарата. Воздухъ и амміакъ должны быть совершенно сухі (воздухъ высушивается сѣрной кислотой, амміакъ — натристой известью); не большой избытокъ амміака не вредитъ и можетъ быть легко выдѣленъ обратно и вновь пущенъ въ дѣло. Къ сожалѣнію, авторы способа не приводятъ ни точныхъ данныхъ относительно характера требуемыхъ разрядовъ (напряженія и т. д.), ни относительныя затраты электрической энергіи; указывается лишь, что для улучшенія результатовъ полезно подвергать воздухъ предварительному озонизированію.

Укажемъ еще на два аппарата, которые хотя и не предназначены специально для полученія 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 матеріала), служящихъ кольцеобразно въ своей срединѣ; непосредственно за служеніемъ (считая по направленію тока газа) въ трубку введены чрезъ ея стѣнки двѣ прово-

локи, служащія электродами, между которыми проскакиваютъ искры. Кольцеобразное суженіе трубки Ги имѣетъ существенное значеніе. 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 успеваютъ разложиться обратно. Затѣмъ, проходя чрезъ суженіе, частицы газа получаютъ вихреобразное движеніе, что даетъ возможность искрѣ дѣйствовать на очень большое число частицъ. Наконецъ, вновь расширяясь за служеніемъ, газъ охлаждается, что опять таки уменьшаетъ обратное распадѣніе образовавшихся подъ дѣйствіемъ искры частицъ.

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



Фиг. 5.

прикосновеніе ихъ съ газомъ, движущимся по осевому направленію 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.

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

*) Нѣм. прив. 85103, 1886 г.

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

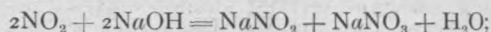
*) Bonne, Le-Royer и van Berchew, нѣм. прив. 93592, 1894 г.

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

производство 1 кило азотной кислоты тратится 12 киловатт-часов = около 8730 больших калорий, тогда как теоретически для этого требуется около 562 калорий (1000 гр. NO_3H отвѣчают 476,2 гр. NO); такимъ образомъ, выходъ азотной кислоты, считая на затрачиваемую электрическую энергію, не превышаетъ 6,3%. Такъ какъ нѣкоторая часть образующихся 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 теоретическаго, что для дальнѣйшихъ улучшеній 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 условий на ходъ этихъ реакций изученъ очень недостаточно. Въ этомъ отношеніи плохую услугу оказываетъ высказанный нѣкоторыми авторами взглядъ, что образование окисловъ азота подъ дѣйствіемъ электрическихъ разрядовъ представляетъ собой реакцію исключительно электротермическаго характера, такъ какъ при такомъ взглядѣ устраняется, а потому и не подлежитъ разслѣдованію, вліяніе такихъ факторовъ, какъ частота электрическихъ разрядовъ и, въ особенности, видъ электрическихъ колебаній. Между тѣмъ при изслѣдованіи другой реакціи, представляющей много аналогій съ образованіемъ окисловъ азота, реакціи превращенія кислорода въ озонъ, вліяніе этихъ факторовъ доказано и принимается во вниманіе при конструкціи аппаратовъ. Такъ, Видеманъ и Шмидтъ нашли, что правильно періодическіе, медленно затухающіе разряды даютъ больше озона, чѣмъ неправильные и быстро прекращающіеся, т. е. обладающіе малымъ числомъ колебаній. По наблюденіямъ Фрелиха образованіе озона совершается тѣмъ лучше, чѣмъ круче кривыя вторичнаго тока; поэтому при работѣ съ крупными озонизаторами, электрическая емкость которыхъ велика, для питанія 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 образованіе окисловъ азота, и отъ подробнаго ихъ изученія слѣдуетъ ожидать значительныхъ улучшеній въ смыслѣ болѣе полного использованія электрической энергіи.

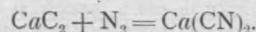
Вторая задача, полное разрѣшеніе которой, повидимому, также еще впереди, это извлеченіе азотной кислоты изъ газовой смѣси, получаемой при дѣйствіи электрическихъ разрядовъ. Какъ мы видѣли, эта смѣсь содержитъ въ себѣ лишь нѣсколько процентовъ окисловъ азота. При такомъ разбавленіи количественное превращеніе окисловъ въ азотную кислоту и выдѣленіе послѣдней въ концентрированномъ состояніи (а азотная кислота и для изготовленія взрывчатыхъ веществъ, и въ другихъ производствахъ требуется въ возможно концентрированномъ видѣ) является дѣломъ далеко не легкимъ. Въ привилегіяхъ „Atmospheric Products Co“ описывается выдѣленіе азотной кислоты путемъ поглощенія окисловъ въ башняхъ, въ которыхъ сверху вниз 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 сильнаго охлажденія. Значительно меньше затрудненій представляетъ, конечно, выдѣленіе окисловъ азота при помощи щелочей. Щелочная или углекислая сода для этого слишкомъ дорога; поглощеніе производится поэтому извѣстью, а затѣмъ, если требуется щелочная соль, первоначально полученную известковую обрабатываютъ эквивалентнымъ количествомъ болѣе дешевыхъ сѣрнокислыхъ солей натрія или калия. Однако и здѣсь въ дальнѣйшемъ встрѣчается одно большое

затрудненіе. Дѣло въ томъ, что двуокись азота NO_2 , являющаяся главнымъ продуктомъ реакціи (первично образующаяся окись NO соединяется сама собой съ избыткомъ кислорода въ NO_2) при дѣйствіи на щелочь (или извѣсть) даетъ смѣсь азотистокислой и азотнокислой солей, по уравненію:

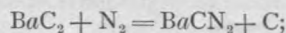


раздѣленіе же общихъ этихъ солей другъ отъ друга путемъ кристаллизаціи сопряжено съ большими расходами, такъ какъ благодаря ихъ близкой растворимости, для этого требуется большое число операцій. Такъ какъ главный сбытъ самой селитры—въ качествѣ удобрительнаго вещества, то очень важно выяснитъ, какое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

Перейдемъ теперь къ другому веществу, получаемому изъ азота воздуха при помощи электричества и общающему въ ближайшемъ будущемъ пріобрѣсти большое значеніе: „кальцій-ціанамидъ“ *). Уже вскорѣ послѣ открытія Вильсономъ и Моассаномъ техническаго способа полученія кальцій-карбида стали производиться попытки пользоваться имъ для поглощенія азота воздуха и полученія цѣнной синеродистой (ціанистой, синильной) соли, по реакціи:



Оказалось однако, что эта реакція не протекаетъ въ ожидавшемся направленіи и получить такимъ путемъ синеродистую соль не удавалось. Вскорѣ затѣмъ А. Франкъ и Н. Каро нашли, что синеродистая соль образуется, если кальцій-карбидъ замѣнить карбидомъ барія. При обработкѣ этого карбида въ измѣленномъ состояніи въ герметически закрытыхъ желѣзныхъ муфеляхъ чистымъ азотомъ при температурѣ краснаго каленія получается масса, содержащая въ себѣ синеродистый барій. Но и здѣсь количество послѣдняго отвѣчаетъ только 30% взятаго карбида **); если же полученная масса подвергается затѣмъ еще сплавленію съ содой, то послѣ выщелачиванія 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 прокалываніи карбида барія въ струѣ азота требуется главнымъ образомъ такъ называемый ціанамидъ барія BaCN_2 , причемъ вторая половина углерода карбида выдѣляется въ свободномъ видѣ, по уравненію:

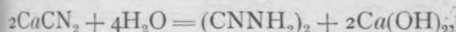


при сплавленіи же съ содой барій-ціанамидъ соединяется съ углеродомъ въ синеродистый барій.

*) См. доклады, сдѣланные Эрльвейномъ и Франкомъ V-му междунароному 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 u. Technik“, 1903, стр. 137), что дѣйствуя азотомъ на карбидъ барія при 800—1000°, ему удалось прямо получить до 95,3% синеродистаго барія.

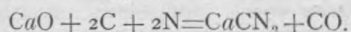
Когда это выяснилось, должна была, конечно, возникнуть мысль подвергнуть вторичному изслѣдованію реакцію кальцій-карбида съ азотомъ, такъ какъ, хотя раньше здѣсь и вовсе не было получено синеродистой соли, то могъ образоваться кальцій-цианамидъ, ускользнувшій отъ наблюденія. Дѣйствительно оказалось, что и кальцій-карбидъ поглощаетъ до 95,0% теоретическаго количества азота, превращаясь въ кальцій-цианамидъ. Превращеніе послѣдняго въ синеродистую соли возможно двумя путями: или сдѣланіемъ съ поваренной солью, причемъ выделившійся углеродъ соединяется съ кальцій-цианамидомъ, или же выщелачиваніемъ водой, причемъ кальцій-цианамидъ превращается въ извѣсть и дициандіамидъ:



и сплавленіемъ дициандіамидъ съ содой.

Однако, несравненно большее значеніе, чѣмъ для производства синеродистыхъ солей, имѣетъ кальцій-цианамидъ въ качествѣ удобрительнаго вещества для сельскаго хозяйства. Дѣло въ томъ, что эта соль при дѣйствіи водяного пара подъ давленіемъ легко превращается въ амміакъ; въ почвѣ же, какъ показали опыты проф. П. Вагнера на Дармштадтской испытательной сельскохозяйственной станціи, кальцій-цианамидъ разлагается на амміакъ и селитру; подобныя же опыты были произведены и аналогичные результаты получены Герлехомъ въ Познани. Такъ какъ, кромѣ того, самъ кальцій-цианамидъ для растений совершенно безвреденъ, то значеніе его въ качествѣ удобрительнаго вещества взаимнѣ селитры и амміака не подлежитъ сомнѣнію.

При описанномъ способѣ полученія кальцій-цианамидъ электричество играетъ только непрямую роль, при производствѣ исходнаго матеріала — кальцій-карбида; нагрѣваніе же послѣдняго въ струѣ азота можетъ быть произведено не только въ электрической печи, но и въ нагрѣваемыхъ обычными способами жѣлезныхъ ретортахъ. Дальнѣйшіе опыты фирмы Сименсъ и Гальске въ Берлинѣ показали, однако, что вовсе нѣтъ надобности предварительно изготавлять кальцій-карбидъ, но что можно непосредственно дѣйствовать азотомъ на смѣсь извести и угля въ электрической печи, по уравненію:



Получаемый продуктъ, такъ называемый „Сименсовская масса“ („Siemens Masse“; продуктъ, полученный Франкомъ, содержащій кальцій-цианамидъ и углеродъ, названъ „азотистой извѣстью“, „Kalkstickstoff“) содержитъ въ себѣ 12—14% связаннаго, полезнаго азота и, по опытамъ Герлаха, обладаетъ такой же удобрительной способностью, какъ масса Франка и серо (азотистая извѣсть), содержащая 20—22% азота. Прямое же полученіе кальцій-цианамидъ изъ извести и угля, конечно, гораздо болѣе экономно, чѣмъ производствомъ въ двѣ операциі, чрезъ стадію карбида.

Коллекторные двигатели переменнаго тока.

Статья Осноса.

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

раженіе, которое выдвигали противъ примѣненія коллекторовъ у машинъ переменнаго тока, это было то, что при этомъ должно происходить сильное искрообразованіе. Но, вообще говоря, это неправильно, такъ какъ можно уменьшеніемъ напряженія 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 сопротивление при помощи угольныхъ щетокъ. Также возбуждавшій опасенія сдвигъ фазъ можно предупредить простыми средствами.

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

Въ этой новой системѣ, повидимому, нѣтъ ничего новаго. Штейнметцъ вполне правильно замѣтилъ, что здѣсь идетъ рѣчь о старыхъ послѣдовательныхъ двигателяхъ, потерявшихъ при соотвѣствующемъ 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 двигателѣ.

Наиболѣе сходный по типу съ послѣдовательнымъ двигателемъ это—репульсионный 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; кромѣ того, не легко переимѣнить направленія 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 особеннаго вниманія публики: это—машины, изобрѣтенныя и патентованныя Аткинсономъ съ 1895 по 1898 г. Нужно здѣсь замѣтить, что Аткинсонъ показалъ вполне 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.

К—обозначаетъ компенсационную обмотку.

R—сопротивленіе индуктивное или неиндуктивное или трансформаторъ съ переменнымъ коэффициентомъ трансформации.

C—обмотка индуктора (поле).

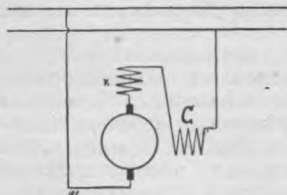
Послѣдовательный двигатель. Уже давно было извѣстно, что обыкновенный послѣдовательный двигатель можно питать переменнымъ токомъ, такъ какъ вращающій моментъ сохраняетъ одно и то же направленіе, если только направленіе тока мѣняется въ одно и то же время въ индукторѣ и якорѣ. Величина вращающаго момента измѣняется пропорціонально 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 направленіи, то получается

непрерывное вращение, если только приводима в движение масса достаточно велика. С этой точки зрения двигатель переменного тока подобен паровым или газовым машинам. Для уменьшения потерь на токи Фуко и гистерезиса нужно употреблять пластинчатое железо. Это не является неудобством, так как многие фирмы, например, компания Вестингауза, строят даже машины постоянного тока из пластинчатого железа. Недостатки этих двигателей следующие: 1. электродвижущая сила, индуцированная переменным полем в коротко замкнутых щетками секциях обмотки и 2. сдвиг фаз.

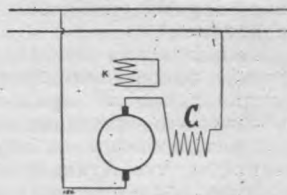
Электродвижущая сила коммутации здесь не больше, чем в двигателях постоянного тока и не может причинить серьезных затруднений. Чтобы ей противодействовать, необходимо уменьшить насколько возможно реакцию цепи и уменьшить число витков, приходящихся на пластину коллектора. Так как электродвижущая сила индукции в коротко замкнутых секциях якоря пропорциональна числу витков, то с уменьшением числа витков на пластинку коллектора уменьшаются и токи короткого замыкания, вызываемые переменным полем.

Уменьшение сдвига фаз. Сдвиг фаз в последовательном двигателе вызывается самоиндукцией статора и ротора. Первой из них нельзя совершенно устранить, так как необходимо иметь в двигателе поле для создания вращающего момента; наоборот, поле, создаваемое якорем, совершенно лишнее для нормального хода двигателя, и можно свободно избавиться от него и связанной с ним самоиндукции. Для этого достаточно только перпендикулярно к индуцирующей обмотке поместить компенсационную обмотку, через которую главный ток проходил бы в обратном направлении. Чем меньше расстояние между этой обмоткой и обмоткой якоря, тем совершеннее компенсационное действие (фиг. 6а).

Вместо того, чтобы соединить компенсационную обмотку последовательно с якорем, можно ее зам-



Фиг. 6а.



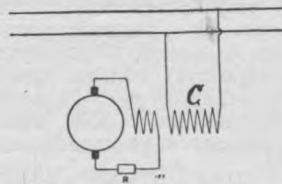
Фиг. 6б.

кнуть на короткую (фиг. 6б). Тогда в цепи, как во вторичной обмотке трансформатора, образуется индуцированный ток, который значительно ослабляет поле, создаваемое якорем.

Сдвиг фаз в двигателе между прочим пропорционален частоте переменного тока в цепи; когда же поле якоря вполне компенсировано, то сдвиг пропорционален также числу витков обмотки статора и обратно пропорционален скорости вращения якоря и числу витков его обмотки. Для того, чтобы, как можно только уменьшить сдвиг, нужно выбирать период сги и междужельзное пространство возможно малыми. Кроме того, обмотка статора должна быть правильно расположена по окружности, чтобы разность между электродвижущей силой самоиндукции и противодействующей электродвижущей силой была бы возможно мала.

Чтобы избежать при употреблении высокого напряжения помехи на вагон трансформатора, можно применить схему, изображенную на фиг. 1с. Обмотка статора состоит из двух concentрических обмоток, одна из которых, состоящая из большого числа витков, присоединена к сети, а другая с небольшим числом витков, присоеди-

нена к коллектору. Этим способом напряжение на коллекторе может быть понижено до какой угодно величины. Однако, при этом устройстве главное поле чрезвычайно ослаблено и сдвинуто назад, вследствие действия ампер-витков обмотки низкого напряжения, так что получается такое же явление,

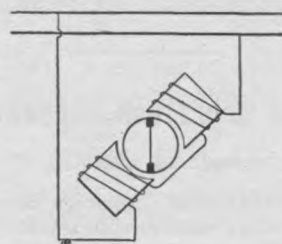


Фиг. 6с.

как и у репульсионных двигателей с отдельными полюсами. Поэтому должно оставить под сомнением пригодность схемы (6с).

Шунтовой двигатель. Обыкновенный шунтовой двигатель можно также питать переменным током. Если якорь и индуктор обладают одной и той же реакцией самоиндукции, то токи в них совпадают по фазе и двигатель берет с места с большим вращающим моментом. При возрастании скорости якорь поглощает рабочую слагающую тока, а индуктор — безваттную. Эта разность фаз имеет следствием появление более или менее совершенного вращающегося поля, вследствие чего уменьшается искрообразование на коллекторе. Но вследствие разности фаз между токами в индукторе и в якорь вращающий момент значительно уменьшается; нагрузка, которую может выдержать двигатель поэтому чрезвычайно мала и его практическое применение вряд ли заслуживает внимания. Применяя здесь компенсационную обмотку как в случае последовательного двигателя не стоит, так как и тогда при полной скорости вращения двигателя тоже обладал бы ничтожным вращающим моментом.

Репульсионный двигатель. (фиг. 7—7д) Этот двигатель может быть приключен к сети или прямо, или через посредство трансформатора. Щетки его коротко замкнуты и сдвинуты на определенный угол по отношению к оси обмотки статора. Слагающая поля статора, совпадающая с направлением щеток, возбуждает в коротко замкнутой обмотке якоря ток, который при покое двигателя почти прямо противоположен по фазе полю статора. Действие этого тока на другую слагающую поля статора, направленную перпендикулярно к щеткам, вызывает сильный начальный вращающий момент. Чем меньше сопротивление якоря и воздушный



Фиг. 7.

промежуток, чем ближе угол между фазой поля статора и током в якорь к 180° , тем больше вращающий момент двигателя при одном и том же потреблении тока. Но при возрастании скорости вращения якоря слагающая поля статора, перпендикулярная к направлению щеток, индуцирует в

корѣ электродвижущую силу, совпадающую по фазѣ съ полемъ, которая приближаетъ токъ въ якорѣ къ направленію первичнаго тока. Вслѣдствіе этого разность фазъ между токомъ якоря и полемъ статора будетъ при увеличеніи скорости все отклоняться отъ 180° , и вращающій моментъ двигателя будетъ уменьшаться. Это уменьшеніе вращающаго момента хотя и меньше здѣсь, чѣмъ у шунтового двигателя, но представляетъ все-таки большое неудобство.

Предложенный впервые Томсономъ репульсионный двигатель былъ устроенъ, какъ обыкновенный двигатель постоянного тока съ отдѣльными полюсами. Поле двигателя поэтому могло образоваться только въ направленіи 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 и комбинированнымъ дѣйствіемъ первичнаго и вторичнаго токовъ. Какъ во всякомъ двигателѣ, первичное поле индуцируетъ, вслѣдствіе вращенія, электродвижущую силу въ якорѣ и производитъ такимъ образомъ запаздываніе тока въ якорѣ. Но вторичное поле, почти противоположное первичному, производитъ упрежденіе тока. Между прочимъ, вслѣдствіе дѣйствія вторичнаго поля, сдвигъ фазъ между результирующимъ полемъ двигателя и токомъ въ якорѣ значительно меньше 180° . Вслѣдствіе этихъ двухъ причинъ, репульсионный двигатель съ отдѣльными полюсами потребляетъ сравнительно большой токъ и даетъ слабый вращающій моментъ.

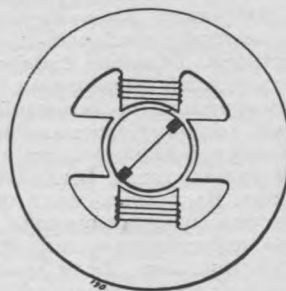
Кромѣ того, вслѣдствіе неодинаковаго распредѣленія желѣза не можетъ возникнуть никакого вращающаго поля, и двигатель работаетъ съ большимъ сдвигомъ фазъ и большимъ искрообразованиемъ.

Если же, наоборотъ, двигатель построенъ съ соблюденіемъ одинаковаго воздушнаго промежутка, а слѣдовательно съ однимъ и тѣмъ же магнитнымъ сопротивленіемъ по всей окружности, то поле якоря образуется въ направленіи щетокъ, и вращеніе якоря не можетъ вызвать образованія никакой электродвижущей силы, такъ какъ для этого нужно поле, перпендикулярное къ направленію щетокъ. Поэтому въ репульсионномъ двигателѣ безъ выдѣленныхъ полюсовъ электродвижущая 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 репульсионнаго двигателя долженъ быть приготовленъ изъ равномерно распредѣленныхъ же-

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

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

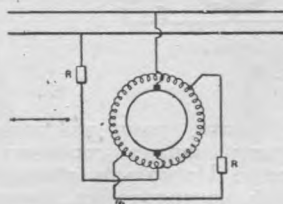


Фиг. 7b.

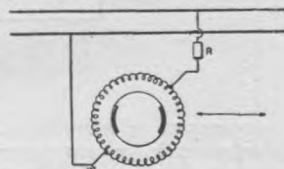
двухъ діаметрально противоположныхъ точкахъ, сдвинутыхъ по отношенію къ щеткамъ (фиг. 7с).

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 неблагоприятный $\cos\phi$.

Томсонъ предложилъ еще другой типъ репульсионныхъ 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.

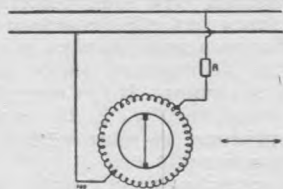


Фиг. 7d.

обыкновенному репульсионному 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 значительнаго неудобства. Во-первыхъ, можно брать плотности тока въ якорѣ въ $\sqrt{2}$ разъ больше, такъ какъ каждая секція обмотки находится подъ токомъ только полперіода; во-вторыхъ, въ обыкновенномъ репульсионномъ двигателѣ только одна слагающая поля статора вызываетъ вращающій моментъ, между тѣмъ, какъ при схемѣ фиг. 7а дѣйствуетъ полное поле статора.

(Е. Т. З. 1904).

(Продолженіе слѣдуетъ).



Фиг. 7а. *)

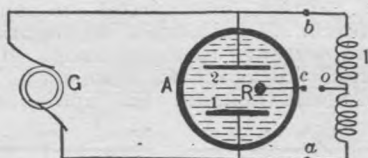
лѣзныхъ массъ. Обмотка индуктора должна быть сдѣлана такъ же, какъ у обыкновеннаго индукціоннаго двигателя (фиг. 7а), т. е. дѣлать обмотку по возможности распредѣленной по всей окружности индуктора. Можно, однако, располагать и на отдѣльныхъ полюсахъ, если симметрично съ ними помѣстить необмотанные полюса,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

*) На всѣхъ фигурахъ стрѣлка означаетъ направленіе поля.

НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

Электролитический конденсаторъ Циммермана. Асимметрическая, 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 направленія. Составъ этой пленки неизвѣстенъ, по всей вѣроятности это какая нибудь окись алюминія, но присутствіе ея можно опредѣлить по интерференціальнымъ цвѣтамъ на поверхности электрода. Толщина слоя измѣняется въ зависимости отъ условій образования его, и по опредѣленіямъ Циммермана на основаніи интерференціонной окраски, толщина эта колеблется въ предѣлахъ 0,00005—0,0005 мм. Односторонній свойства пленки замѣчаются только тогда, когда электродъ погруженъ въ растворъ. Въ сухомъ видѣ пленка ничѣмъ не отличается отъ обыкновенныхъ диэлектриковъ. Диэлектрическая постоянная пленка не единица, какъ это принималось многими. Если вычислить эту величину по даннымъ: электроемкости электрода и толщины пленки, то получается число около 80.

Если оба электрода алюминиевые, то постоянный токъ не можетъ проходить ни въ томъ ни въ другомъ направленіи, 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 электродовъ, напр. 1 (см. фиг. 8), заряжается положительно, то во всей цѣпи токъ имѣетъ направленіе отъ 1 къ 2. Но, какъ только напряженіе на электродѣ достигаетъ

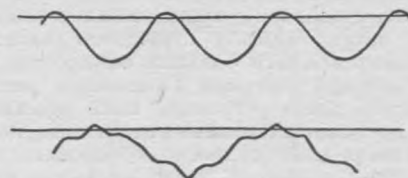


Фиг. 8.

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 электродовъ и максимальнаго напряженія на полюсахъ генератора. Если отключить динамомашину и соединить электроды на короткую, то между электролитомъ и проволокой, соединяющей электроды, установится нѣкоторая разность потенциаловъ. Если погрузить въ растворъ угольный электродъ R (фиг. 8) и соединить его съ вѣншей частью цѣпи черезъ вольтметръ, то токъ, проходящій черезъ вольтметръ, указываетъ на присутствіе свободнаго заряда въ конденсаторѣ.

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

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



Фиг. 9 и 10.

помощи прибора Блонделя. Напряженіе, какъ видно изъ рисунковъ, почти не опускается ниже нулевой линіи; это есть результатъ постоянного заряда въ конденсаторѣ. Напряженіе, даваемое машиной, въ обоихъ случаяхъ имѣло видъ синусоидальной кривой, симметрично расположенной по обѣ стороны нулевой линіи. Вслѣдствіе не вполне идеальной асимметрии пленки и поляризации угольнаго и алюминиеваго электродовъ и нѣкоторыхъ побочныхъ причинъ ось колебаній все-таки пересѣкаетъ кривыя.

При помощи вольтметровъ, для постоянного и переменнаго тока, можно опредѣлить общую величину напряженія на электродахъ и дѣйствующую величину одного переменнаго тока. Теоретически пер-

вая 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 0,605E.

Если Q зарядъ на электродѣ, когда напряженіе достигаетъ максимума E_m , 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 электродахъ = 0 зарядъ Q поровну распределенъ на нихъ, и каждый электродъ заряженъ до потенциала $\frac{E_m}{2}$. Энергія конденсатора тогда въ двое меньше

$$W_2 = 2 \left(\frac{1}{2} \times \frac{Q}{2} \times \frac{E_m}{2} \right) = \frac{QE_m}{4}.$$

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

Изъ этого видно, что электролитический конденсаторъ отличается отъ обыкновеннаго, какъ присутствіемъ постоянного заряда, такъ и тѣмъ, что энергія его никогда не падаетъ ниже половины своей максимальной величины. Но въ остальномъ онъ вполне подобенъ станиолевому. 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 механическія поврежденія пленки очень быстро автоматически исправляются электрохимическими процессами въ конденсаторѣ. Разрушеніе пленки становится значительнымъ только при напряженіяхъ, превышающихъ нормальное напряженіе. Впрочемъ Циммерману удалось получить пленки, которыя при соблюденіи извѣстныхъ условій выдерживаютъ до 1250 вольтъ. Потери зависятъ, кромѣ того, и отъ періода тока. При токахъ большой частоты онѣ становятся значительными.

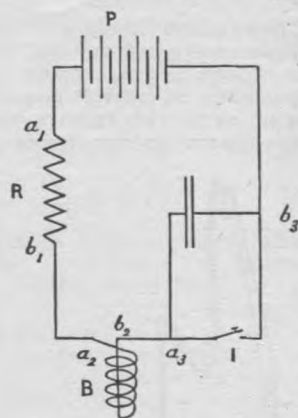
Нормальное напряжение для алюминиевого конденсатора имѣетъ предѣломъ примѣрно 150 вольтъ. Производительность его колеблется отъ 93 до 97%. При напряженіи въ 110 вольтъ конденсаторъ работаетъ съ производительностью въ 95% съ лишкомъ.

Вѣсь, размѣры и стоимость такого конденсатора на одну микрофарду значительно меньше, чѣмъ обыкновеннаго, станиолеваго. При большихъ напряженияхъ, когда одинъ конденсаторъ недостаточенъ, эти преимущества не такъ замѣтны.

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

Electr. Review. 1904.

Колебанія въ первичной обмоткѣ индукціонной катушки. А. Брока. При помощи ондографа Госпиталье Брока получилъ нѣсколько любопытныхъ кривыхъ, обнаруживающихъ неожидан-



Фиг. 11.

ныя явленія въ первичной обмоткѣ индукціонныхъ 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., онъ чрезвычайно увеличивалъ 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 Брокъ 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:

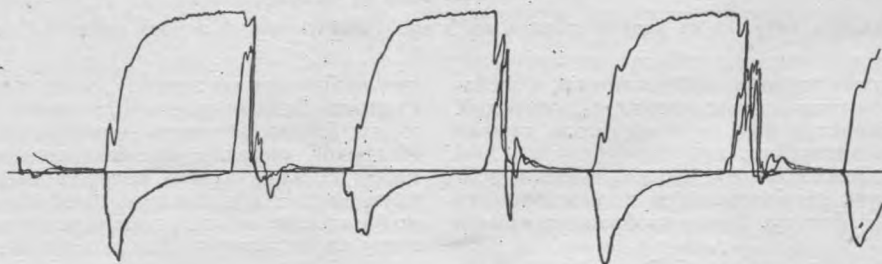
$$i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right).$$

Откуда получаемъ

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

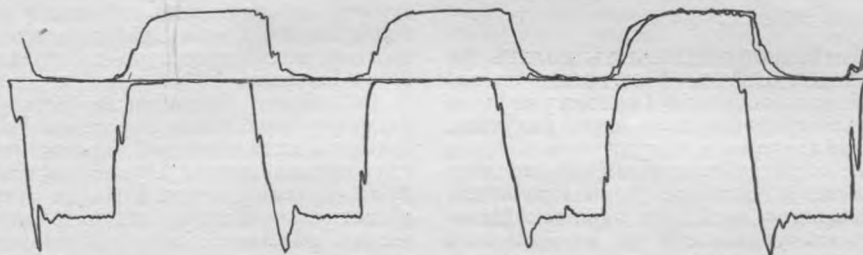
$L \frac{di}{dt}$ — это и есть величина разности потенциа-

ловъ 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 абсциссъ, 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 существования 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.

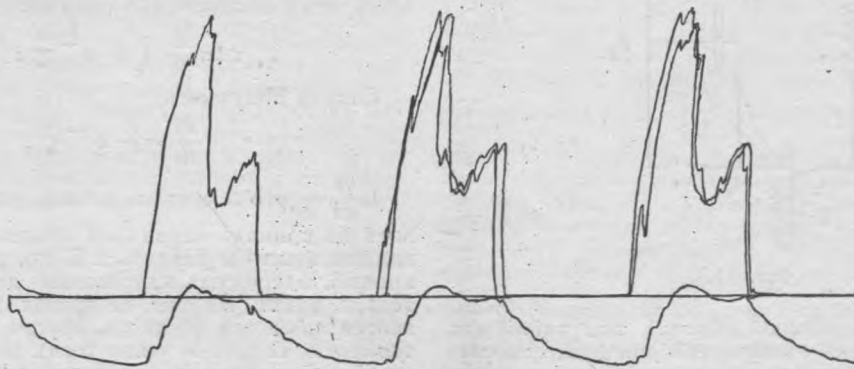


Фиг. 14.

Большая катушка с конденсатором в 5 мф. Действующая сила тока 0,5 амп.

Вверху изображена кривая тока, внизу кривая напряжения. Напряжение, как видно из чертежа, достигает максимума примерно в 0,001 секунды и при размыкании тока падает до нуля с такой же скоростью.

Для большой катушки результаты получаются



Фиг. 15.

Большая катушка с конденсатором в 5 мф. Действующая сила тока около 0,7 амп.

аналогичные; только период собственных колебаний первичной обмотки больше (около $\frac{1}{400}$ секунды). Кривая тока начинается над осью абсцисс, кривая напряжения под осью (фиг. 14).

Напряжение у зажимов конденсатора дает волнообразную кривую, расположенную полностью над осью абсцисс (см. фиг. 15). Внизу изображена кривая тока.

Таковы те явления, которые обнаружил ондограф, но которые нет возможности объяснить при теперешнем состоянии теории румкорфовой катушки.

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

Действие электромагнитных волн на слабые источники света. Гюттона. В одном из предыдущих сообщений Гюттона уже было выяснено влияние электродвижущих сил индукции, возбуждаемых изменяющимся магнитным полем, на фосфоресценцию сфериаста калция. В последнем своем сообщении, которое было прочитано Пуанкаре в апрельском заседании парижской академии наук, Гюттон указывает на возможность применять фосфоресцирующий экран в качестве детектора герцовых лучей.

Электрические колебания вызывались маленьким вибратором Блондло, погруженным в вазелиновое

масло, и распространялись по двум проволокам. Проволоки эти, длиною в 9 метров, вели к двум металлическим стерженькам (длина 4 см.), расположенных в фокальной линии параболического зеркала. Пучек параллельных лучей, отразившись от зеркала, падал на другое такое же зеркало

собирался в фокальной линии его, где и был помещен фосфоресцирующий экран. Расстояние между фокусами обоих зеркал было около 1 метра. Вибратор находился в другой комнате, так что звук разряда не мог действовать на экран. Проволоки, по которым распространялись колебания

от вибратора к зеркалу, шли параллельно и настолько близко друг от друга, что их влияние можно было оставить совершенно без внимания. Искровой разряд производился при помощи машины Гольца, полюса которой были соединены с внутренними обкладками 2 лейденских банок малой емкости; внешние обкладки их были присоединены к вибратору. Когда лейденские банки разряжались, происходил разряд и в вибраторе. Гюттон не пользовался румкорфовой спиралью, потому что заметил, что изменяющееся магнитное поле ее действовало на экран даже на большом расстоянии.

Как только электромагнитные волны достигают экрана, он начинает светиться ярче. Действие их более заметно, чем действие изменяющегося магнитного поля, описанное в предыдущих сообщениях Гюттона.

Все опыты Герца могли быть воспроизведены с фосфоресцирующим экраном. Если на пути лучей ставился металлический экран, то всякое действие их прекращалось. Опыт с поляризацией этих лучей вполне удается. Если на пути лучей поставить решетку, состоящую из ряда параллельных проволок, расстояние между которыми 1 см., то лучи проходят, когда направление проволок перпендикулярно направлению электрической силы, и задерживаются, если повернуть решетку на 90°. Положение решетки при котором свечение экрана наибольшее.

но, может быть определено съ точностью до нѣсколькихъ градусовъ.

Какъ указываетъ Блондло, N-лучи производятъ свѣтлое явленіе, если наблюдать экранъ перпендикулярно къ его поверхности, и уменьшаютъ свѣтъ для наблюдателя, глядящаго на экранъ съ боку. То же самое замѣтилъ Гюттонъ и для случая электромагнитныхъ волнъ. Поэтому для того, чтобы ясно наблюдать явленіе, необходимо стоять прямо противъ экрана.

Всѣ предыдущіе опыты могутъ воспроизведены и въ освѣщенными тѣлами, которыя становятся болѣе ясно видимыми, когда на нихъ падаютъ лучи Гери.

Резонаторъ Герца можно видоизмѣнить такимъ образомъ, чтобы воспользоваться свѣщеніемъ сѣрнистаго кальція, вмѣсто искры, проскакивающей въ разрывѣ резонатора. Для этого къ концамъ проволоки резонатора въ мѣстѣ разрыва прикрѣпляются два металлическихъ сѣтки, между которыми помѣщается маленький фосфоресцирующий экранъ. Когда въ резонаторѣ возбуждаются колебанія, между сѣтками развивается сильное электромагнитное поле, заставляющее экранъ вспыхивать. Измѣненіе свѣченія наблюдается сквозь сѣтку.

L'Industrie Electr. № 297. 1904.

ОБЗОРЪ.

Прерыватель Венельта (Ганьеръ). Если въ электролитическую ванну съ однимъ электродомъ большой поверхности помѣстить сосудъ съ маленькимъ отверстіемъ въ стѣнкѣ, и если этотъ сосудъ касается другой электродъ, то, какъ извѣстно, въ этомъ отверстіи, соединяющаго полости обоихъ сосудовъ, происходитъ такіе же явленія, какъ и у тончайшаго острія въ обычныхъ электролитическихъ прерывателяхъ. Ганьеръ показалъ, что эти явленія въполнѣ равноцѣнны и переходятъ одно въ другое. Внутренній электродъ представлялъ изъ себя трубку въ 0,7 мм. діаметра. Этотъ электродъ подвѣшенъ послѣдовательно въ цѣлый рядъ сосудовъ, имѣющихъ отверстія различной величины. Когда въ первомъ было мало, напр., 3—12,5 к. мм., прерываніе тока происходило въ отверстіи; при 14 к. мм. явленіе появлялось то на электродѣ, то въ отверстіи; при дальнѣйшемъ же увеличеніи площади отверстія, послѣднее уже не играло никакой роли въ работѣ прерывателя.

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

Представимъ себѣ мѣдный стержень, соединенный съ источникомъ тока и вращающійся вокругъ какой нибудь оси. При каждомъ оборотѣ онъ приходитъ въ соприкосновеніе съ свинцовой пластиной, соединенной съ другимъ полюсомъ источника тока. Въ цѣпь включенъ прерыватель Венельта. Если время контакта мало, то при размыканіи тока между стержнемъ и пластиной проскакиваетъ 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 промежутки 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 доводитъ 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 болѣе частота прерываній. Ясно, что, чѣмъ выше температура раствора, тѣмъ меньше времени требуется для того, чтобы довести его до температуры кипѣнія; съ повышеніемъ температуры уменьшаются также потери тепла, которое отдаетъ 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 болѣе давленіе, тѣмъ выше температура кипѣнія жидкости.

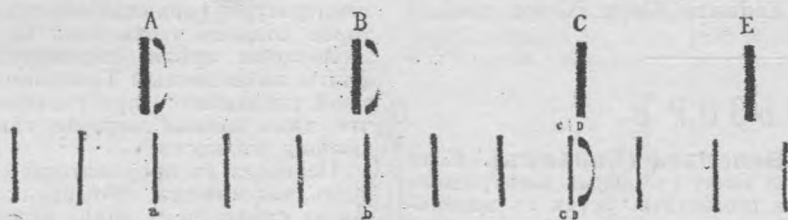
Переходя къ прерывателю съ платиновымъ остриемъ, мы можемъ себѣ представить картину явленія въ слѣдующемъ видѣ. Если провести рядъ поверхностей, окружающихъ платиновый электродъ, то частью эти поверхности будутъ проходить въ жидкости, частью въ тѣхъ пузырькахъ газа, которые выдѣляются на электродѣ. Часть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

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

Существованіе газовой полости можно подмѣтить еще слѣдующимъ образомъ. Если помѣстить въ сосудъ два платиновыхъ электрода, и если токъ главной цѣпи раздѣляясь поступаетъ черезъ нихъ въ сосудъ, то свѣтовое явленіе, которое сопровождаетъ каждое прерываніе тока, одновременно происходитъ на обоихъ электродахъ. Это можно обнаружить при помощи вращающагося зеркала. Если помѣстить электроды вполнѣ точно одинъ надъ другимъ, то свѣтлыя полосы, видимыя въ зеркалѣ, соответствующія обоимъ электродамъ, прихотится одна надъ другой. Но если въ вѣтъ одного электрода ввести самоиндукцію, то равенство условій нарушается, и каждый электродъ будетъ работать независимо отъ другого, причемъ электродъ съ самоиндукціей дастъ меньшее число прерываній.

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

совершенно независимо друг от друга. Но если моменты этих прерываний близко следуют один за другим, то явление осложняется и, как видно на рисунке, в момент прерывания тока на одном из электродов, например, нижнем, в тот момент, когда в зеркале наблюдается светлая полоса *a* или *b*, соответствующая нижнему электроду, около верхнего электрода замечается световое явление в виде двух изогнутых светлых полосок, сходящихся к середине электрода. Но в момент прерывания тока на нижнем электроде, напряжение на верхнем возрастает, и через газовый промежуток еще остающийся около этого электрода может происходить разряд, сопровождающийся свечением газа. Таким образом изогнутые светлые полоски соответствуют газовому промежутку около электрода, а кривизна их указывает на то, что полость, наполненная газом, меняет свою форму и положение с течением времени сужается, сохраняясь всего дольше около середины электрода. Подобное же явление около нижнего электрода изображается на фиг. 16 полоской DD. Для того, чтобы это явление обнаружилось, необходимо, чтобы между последовательными прерываниями у электродов, верхнего



Фиг. 16.

и нижнего, протекло время меньше одной пятой того промежутка, который отделяет два последовательных прерывания у нижнего электрода. По истечении этого времени газовая оболочка совсем исчезает.

В следующем за прерыванием тока момент прилегающие слои жидкости вытесняют образовавшийся около электрода слой газа и эти потоки можно легко обнаружить. Обыкновенно газ вытесняется в плоскости перпендикулярной к электроду и проходящей через середину его. Поток газа виден непосредственно; потоки жидкости, вытесняющей газ, направлены параллельно оси электрода навстречу друг другу, сверху и внизу, и их можно обнаружить при помощи маленькой алюминиевой пластинки, подвешенной на тонкой проволочке. Эта пластинка увлекается потоками жидкости около электрода и указывает их направление. Если разделить поверхность платинового электрода на две равные части узкой полоской какогонибудь изолятора, опоясывающей проволоку посредник, то вытеснение газа происходит в двух плоскостях, перпендикулярных к оси электрода и делящих оба сегмента его пополам.

Уже было сказано, что газовая оболочка всего дольше держится около середины электрода. После прекращения тока давление внутри оболочки падает, и она исчезает и вытесняется в плоскости перпендикулярной к электроду и делящей его на две равные части.

Что световое явление в момент прекращения тока сопровождается повышением температуры это легко обнаружить, поднеся к электроду очень тонкую проволочку. На кончик проволочки образуется шарик, что указывает на то, что проволочка нагревается до плавления. Но где происходит это повышение температуры? Нагревается ли самый электрод или повышение температуры совершается в какомнибудь слое жидкости на некотором расстоянии от платинового стержня? Обыкновенно при-

нимается первое положение, и ртуть, при помощи которой устанавливается металлическое соприкосновение между электродом и проволокой, приводящая ток, должна играть роль охладителя. Опыты показывают обратное. Если налить в трубку с двумя стенками, в кончик которой впаивают электрод, горячую ртуть, то характер работы прерывателя изменяется. Если электролиты нагреть выше 80°, прерыватель перестает работать; наполняя трубку сильно охлажденной ртутью, нельзя привести его в действие. Если кончик трубки не вполне заполнен ртутью и ток идет исключительно только по проволочке, то на этом участке проволока может сильно нагреться, до красного каления, и все-таки прерыватель действует так же, как и раньше.

Нагревание стержня играет, конечно, некоторую роль. Отдавая тепло соседним слоям электролита, нагретый электрод способствует большей частоте прерывания. Изучая работу прерывателя при помощи вращающегося зеркала, легко установить, что периоды прерывания разделены большим промежутком времени, чем последующий, когда электрод нагревается и установилось тепловое равновесие между ним и окружающей жидкостью.

Исследователи, занимавшиеся изучением прерывателя Венельта, дают для частоты прерывания доходящую до 1,000 и 1,500 раз в секунду. Число прерываний получить не легко; для этого необходимо, чтобы размеры электрода были очень малы (3 мм. в длину и 0,3 мм. в диаметре). По мнению Ганбера, необходимо уменьшить в два раза все полученные на основании высоты звука, который производит работу прерывателя. Фотографируя трубку, которая получалась между концами вторичной обмотки катушки, введенной в цепь прерывателя, он нашел, что число прерываний, полученное по этому методу, вдвое меньше тех чисел, которые получаются методом акустическим. По его мнению, как в момент размыкания тока, так и в момент замыкания, т. е. в момент возникновения газовой оболочки и в момент ее уничтожения происходят сотрясения, которые, суммируясь, и производят на наше ухо звуковое впечатление. Понятно, что число таких сотрясений в два раза больше числа прерываний.

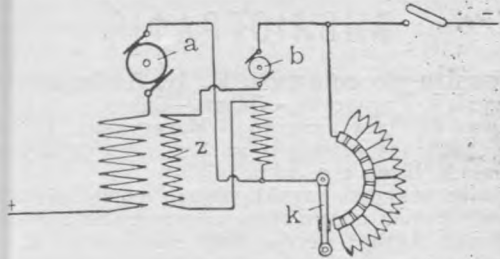
Arch. d'Electricité Médicale, № 139. 1904.

Новые приспособления для регулирования скорости двигателей постоянного тока. Для регулирования скорости двигателей постоянного тока обыкновенно употребляют реостаты. Эти реостаты являются источником потери энергии особенно в начале пуска в ход двигателя, когда через них идет очень сильный ток. Они неудобны еще и тем, что не пригодны при всякой нагрузке, так как в зависимости от потребляемого двигателем тока, они обуславливают большее или меньшее падение напряжения.

В последнее время, чтобы избежать указанных неудобств реостатов, стали приключать двигатели к источнику электричества переменного напряжения. Таковы, например, системы Вард-Леонарда, Ильтера, Лунделя и других. В других случаях

изменяют реостат действием обратной электродвижущей силы, развиваемой вспомогательным двигателем. Этот способ регулировки применялся сначала только в применении к двум двигателям, работающим одновременно. Эти двигатели соединялись последовательно, так что обратная электродвижущая сила, развиваемая каждым двигателем, оказывала сопротивление для другого двигателя.

Фирма Сименс и Гальске применила эту систему для работы одного только двигателя, как это показано на фиг. 12. С рабочим двигателем *a* на одной оси укреплен вспомогательный двигатель *b*, соединенный с ним последовательно. После пуска в ход вспомогательный двигатель выключается. Чтобы увеличить вращающий момент двигателя при пускании его в ход, индуктор его снабжен дополнительной обмоткой *z*, через которую проходит ток, ведущий в якорь вспомогательного двигателя. По мере увеличения скорости вращения, обрат-



Фиг. 17.

ная электродвижущая сила, развиваемая вспомогательным двигателем ослабляет ток, идущий в якорь, и тем самым ослабляет возбуждение двигателя *a*. Параллельно вспомогательному двигателю включено сопротивление *k*. В начале пуска в ход двигателя это сопротивление совершенно выводится. Когда двигатель достигнет известной скорости вращения, мало по малу включают сопротивление, тем самым увеличивают еще скорость вращения, как все больше и больше тока поступает в якорь двигателя *a*. В то же время возбуждение обоих двигателей все уменьшается, вследствие ослабления тока, протекающего через обмотку *z*. При полном выключении реостата вспомогательный двигатель замыкается на короткую и двигатель *a* приобретает свою нормальную скорость.

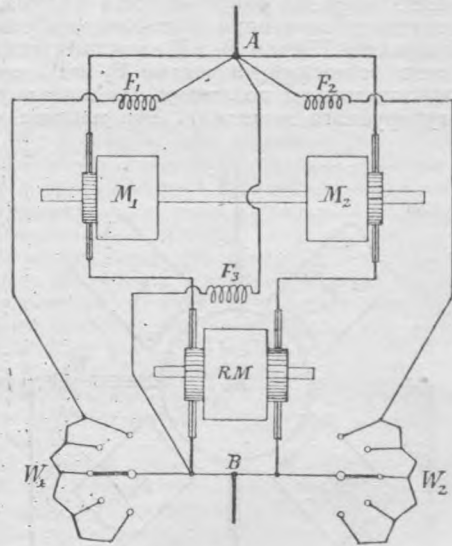
Эта система с некоторыми изменениями была употреблена французским обществом: Societé d'Etudes "Voitures électriques de Paris" для регулирования скорости двигателя трамвая.

Новейшее приспособление для регулирования скорости двигателей принадлежит инженеру Зейденеру и позволяет не только изменять число оборотов двигателя по произволу, но изменять и направление вращения двигателей постоянного тока.

Фиг. 18 представляет схематическое изображение приспособления. M_1 и M_2 —два регулирующих двигателя, укрепленных на общей оси, RM —регулируемый двигатель, снабженный двумя независимыми якорными обмотками, присоединенными к отдельному коллектору. F_1 и F_2 —обмотки индукторов вспомогательных двигателей. F_3 —обмотка индуктора регулируемого двигателя; W_1 , W_2 и W_3 —сопротивления, вводимые в обмотки индукторов. К точкам цепи A и B присоединены две параллельные ветви. В каждой ветви находится по одной из якорных обмоток главного двигателя и якорной обмотки одного из вспомогательных двигателей. Если поля F_1 и F_2 одинаковой силы, то M_1 и M_2 приходят во вращение с такою скоростью, что обратная электродвижущая сила, развиваемая ими, почти равны и обратны падению потенциала в каждой из параллельных ветвей. Двигатели M_1 и M_2 потребляют

только ток, необходимый для поддержания их холостого хода. Якорь двигателя RM остается в покое, так как оба тока, проходящие через него, обратны по направлению и равны по силе.

Если теперь ослабить одно из полей, например, F_1 , то двигатель M_1 , несмотря на ослабление поля, будет вращаться все с большей быстротой до тех пор, пока, он не разовьет той же обратной электродвижущей силы, какую он развивал до ослабления поля. Вследствие этого увеличения скорости вращения обратная электродвижущая сила двигателя M_2 станет больше, чем напряжение между A и B , и ток в ветви $A-M_2-RM$ переменяет свое направление и идет от RM к A и через M_1 в RM . В цепи $A-M_1-RM-M_2-A$ течет, следовательно, ток, сила которого зависит от величины ослабления поля F_1 сравнительно с F_2 . Этот ток последовательно проходит через обе якорные обмотки двигателя RM , так что действия их складываются и двигатель RM приходит во вращение. При этом при одной и той же нагрузке скорость его вращения тем больше, чем больше ослаблено поле F_1 . При



Фиг. 18.

этом способе регулировки источник электрической энергии должен давать энергию для увеличения скорости вращения двигателя M_1 . Эта энергия возвращается обратно, когда поле F_1 опять усиливается. Это вытекает из следующих соображений. Вследствие большего числа оборотов двигателя M_1 , соответствующего ослабленному полю F_1 , двигатель M_1 развивает при усилении поля F_1 обратную электродвижущую силу, превышающую разность потенциалов между A и B . Вследствие этого, двигатель M_1 работает как генератор и отдает энергию в цепь; это продолжается до тех пор, пока обе электродвижущие силы не сравняются.

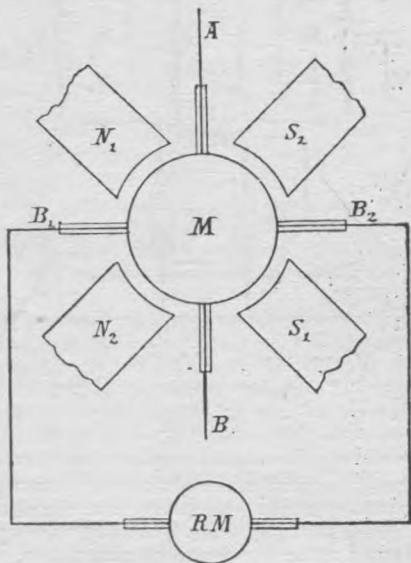
Если усилить поле F_1 вместо того, чтобы его ослабить, тогда двигатель M_1 при той же скорости будет развивать большую обратную электродвижущую силу, чем прежде, вследствие чего он будет работать как динамо и давать ток в цепь $A-M_2-RM-M_1-A$; этот ток проходит через якорные обмотки двигателя в RM в направлении обратном прежнему, и двигатель придет во вращение в обратном направлении. При этом происходит уменьшение скорости вращения регулирующих двигателей, так как нагрузка двигателя M_2 увеличивается вследствие работы двигателя M_1 , как динамо. Понятно, что соотношения здесь должны быть выбраны так, чтобы разность потенциалов на зажимах дви-

гателя M , 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 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 замѣняет собой оба вспомогательные двигателя, и вследствие своей простоты она по всей вероятности найдет себе большое применение в практикѣ.

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 , лежащая между разноименными полюсами, и щетки B_1 и B_2 , лежащая 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 индуцируют ток в одном и том же направлении, и в том же направлении индуцируется ток в правой части якорной обмотки под влиянием полюсов S_1 и S_2 . Для работы машины как генератор предназначены щетки B , B_2 . Как в нижней, так и в верхней части якорной обмотки индуцируется ток от двух разноименных полюсов. Когда поле везде 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 и 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 усилить поле, то полюсы N_1 , N_2 и S_1 , S_2 будут влиять на якорь по-разному.

или N_2 , S_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 двигатель RM идет ток и он приходит во вращение. 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 пригодна 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 физикѣ. В. К. Лебединскаго. Часть I: Упругость.—Звук.—Свѣтъ.

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

Это во всякомъ случаѣ трудъ, очень почтенный, систематичный и при томъ оригинально и свѣжо написанный. Авторъ несомнѣнно проявляетъ в немъ ширину взглядовъ и стремление излагать физику философски; онъ помнитъ всюду, и подчеркиваетъ, то значение, которое имѣетъ для физики, какъ и для другихъ естественныхъ наукъ, теорія познания, или какъ у насъ часто, но неправильно говорятъ „теорія познания“—ученіе о томъ, какъ какими путями человекъ приобретаетъ познание. Кроме того, въ книгѣ, о которой рѣчь, есть очень цѣнныхъ отдѣльныхъ замѣчаній и указъ на примѣры, хоть тѣ строки, которыя авторъ ставитъ понятію о физическомъ лучѣ... И маю, что лицамъ, которые уже имѣютъ нѣкоторое притомъ не слишкомъ малая—свѣдѣнія по физикѣ и въ особенности преподавателямъ этой науки будетъ очень полезно ознакомиться съ книгой г. Лебединскаго. Но люди—хотя бы и очень развитые, и не-физики, которые вознамѣрились бы именно по этой книгѣ изучать физику—потерпѣли бы, я опасуюсь, очень сильное разочарованіе.

Во-первыхъ, въ книгѣ г. Лебединскаго выпущены многіе очень важные и интересные отдѣлы, которые принято включать въ курсы физики. Мы не находимъ тамъ ни слова, ни о телескопѣ, ни о микроскопѣ, ни о камерѣ-обскурѣ, 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 книгѣ даже нѣтъ рисунка призмы, хотя и говорится о свѣторазсѣянн. Мнѣ, конечно, могутъ возразить, что авторъ и не рассчитывалъ 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 дѣйствительно отдѣльныя лекціи связаны между собой и образуютъ нѣчто цѣльное, а во-вторыхъ, я вовсе и не настаиваю на томъ, что автора надо непременно упрекнуть за пропуски, о которыхъ я сейчасъ упомянулъ; я говорю только о положеніи читателя, который бы собирался изучать физику по книгѣ г. Л.

Я отмѣчу также, съ большимъ сожалѣніемъ, что самъ авторъ нигдѣ не отмѣтилъ, къ какому именно кругу людей онъ обращается. Повидимому, онъ ставилъ себя главной и даже единственной задачей высказать и твердо установить основы современнаго ученія объ Упругости; оптикѣ; электрич.

Однако, при всем моем уважении к знаниям и таланту автора я не могу признать, чтобы эта задача была решена им вполне успешно. Во-первых, понятие об энергии, об ее различных видах, об ее превращениях... у г. Лебединского не только не выставлено на первый план—что по моему было бы совершенно необходимо в современном курсе физики,—но оно, если мы извратим это просторечивое выражение, несколько извращено и замазано. Автор даже не говорит нигде о непрерывном обезжизнении энергии, не говорит о том, что такое интенсивность энергии и пр. Правда, это объясняется тем, что по автору «все физическое явление сводится к движению»; г. Лебединский не допускает другой энергии, кроме энергии движущихся масс (причем надо отметить, что он и эфир наделяет некоторой массой) и «так называемой потенциальной энергией», которую «обладает», напр., поднятый камень, пока он не упадет. Однако, такое воззрение, которого, положим, держатся очень многие ученые—чистейшая гипотеза, и при том совершенно ненужная и я положительно не понимаю, зачем строить все здание физики на гипотезе, когда без этого можно обойтись. И уж во всяком случае уважаемый автор не имеет права высказывать гипотезу, о которой речь, как нечто вполне установленное.

Я хотел бы также упрекнуть г. Лебединского за то, что он, излагая учение о световых волнах и выводя законы преломления и отражения света, его дифракции и пр., все время основывает свой анализ на гипотезе, что свет есть упругая деформация сдвига в особенном веществе — эфире, обладающем известной массой и известной упругостью.

Каждое между тем, все, что автор сообщает нам о световых волнах, ни мало не связано с этой гипотезой, источник с какой нибудь гипотезой. Совершенно верно, что если мы вообразим себе вещество, обладающее такими-то и такими-то свойствами, то и таким-то соотношением упругости и плотности, то деформация сдвига в этом веществе будет подчиняться тем же законам, и даже при тех же числовым формулам, которые мы нашли в опытах для света. Однако, из этого ничуть еще не следует, что свет есть, значит, деформация сдвига в этом—придуманном специально для того чтобы «объяснить» его—веществе. Можно придумать и систему особенных колебаний и пр., движение которой подчинялось бы тем же законам и числовым формулам, которые найдены для света; но из этого не следует еще, что между солнцем и землей расположена такая система колебаний, и что она-то и передает нам свет. И ведь, во всяком случае, как это признает и сам автор, что можно излагать без гипотез, то и должно излагать без гипотез. Правда, автору будет не трудно—если он найдет это нужным—изменить соответственным образом изложение и порядок изложения; но тем не менее очень жаль, что он этого не сделал.

А теперь я приступаю к несколько более детальному разбору книги г. Лебединского.

После краткого вступления, посвященного нашим ощущениям, через которые мы знакомимся с внешним миром, по позитивному методу в науке и пр. автор переходит к теории упругости и к учению о деформациях, о гармонических колебаниях, о распространении их, о сложении волн и пр. Тут же г. Лебединский говорит и о звуке, причем не выделяет параграфов, посвященных акустике, в особую главу—принимая очевидно, и вполне правильно, что физическая акустика и сводится в сущности на учение об упругих колебаниях. Но читатель был бы в правду ожидать увидеть что нибудь о тембре, найти кое-какие цифровые данные о количествах энергии, с которыми прихо-

дится иметь дело в звуковых явлениях, а также о струнах и трубах.

Затем автор переходит к свету, а потом к электричеству, магнетизму, электромагнитным волнам, электромагнитной теории света, электронам и к электрической теории вещества.

За вступительную лекцию I я бы хотел очень упрекнуть уважаемого автора; в ней много неточного, если не прямо неверного. Так, в самых первых строках стоит:

«Первой целью физических исследований мы будем представлять себе наивозможно точнейшее определение того, что происходит во внешнем мире, когда он вызывает в нас ощущения. Отсюда вытекает *) естественное разделение физики на учение об упругости, звуке, свете и тепле, как явлениях, представляющих первую причину разнообразных сведений о мире, получаемых осязанием, ухом, глазом и тепловым ощущением». У читателя непременно должно явиться недоумение, почему же здесь ни слова не упомянуто об обонянии и вкусе, которые сразу бы ввели в область физики и химические явления. Следующие абзацы, в которых выясняется место физики среди других естественных наук и отличие ее от химии содержат совершенно произвольные, по моему, утверждения (см. стр. 1, абзац 2).

На стр. 3 стоит «Мы полагаем, что основу внешнего мира вечную материю, законы которой и проявляются в явлениях». По моему это утверждение просто совокупность слов, связанных между собой по правилам грамматики... но и только.

Я не знаю также, что автор понимает под выражением вечная материя? Правда, приходится часто слышать и читать, что материя (вещество) нельзя ни создать, ни уничтожить; но это просто ничего больше как «слова», если только они не имеют в виду принцип сохранения массы, невозможность ни создать, ни уничтожить массу; но тогда именно и надо говорить о «массе», а не о «веществе».

Меня удивило также мнение, которое автор высказывает—правда очень сдержанно и осторожно—что материя, как кажется, скорее чем энергия, «направляется уму, даже основывающемуся лишь на непосредственных ощущениях», а между тем, ведь, все наши ощущения уведомляют нас непосредственно, первично только и единственно об энергетических соотношениях.

На стр. 4 мы читаем: «История науки показывает, что мало по малу все физические явления сводятся именно к движению; довольно метким является определение физики, как науки о явлениях, сводимых к движению материи или ее частиц». Я знаю, что этого взгляда придерживаются очень многие ученые, которые вполне уверены, что например тепло есть молекулярное движение. Но это все же гипотеза, гипотеза чистейшей воды и высказывать ее за непреложную истину по моему не подобает...

Параграфы о деформации и изложены по моему вообще очень отчетливо. Параграфы о свете также, хотя многие выводы, данные по Френелю, едва ли могут считаться вполне убедительными. Классическое доказательство, что при отражении света в известных случаях должно теряться половина по моему тоже очень не строго, что, однако, было бы, разумнее, несправедливо ставить в вину г. Лебединскому. Затем мне кажется, что вывести поперечность колебаний в световом луче из явления поляризации можно—а значит и должно!—не прибегая к гипотезе о деформирующемся эфире, а чисто позитивным путем.

*) Подчеркивания здесь 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 сравнению съ другими газами. А, между, тѣмъ молекула ртутнаго пара, вѣдь, именно одноатомна.

Въ части II, посвященной электричеству и магнетизму, читателя очень непріятно поражаютъ кое-какіе пропуски; такъ, напримѣръ, авторъ ни слова не говоритъ о столь важныхъ и съ научной, и съ технической точки зрѣнія аппаратахъ, какъ конденсаторы; но отмѣчая это я, однакоже, 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 смѣшиваетъ, повидимому, два столь различныхъ явленія, какъ выдѣленіе катодныхъ лучей отрицательно заряженными металлами подъ дѣйствіемъ ультрафіолетоваго „свѣта“, и ионизацію воздуха а подъ дѣйствіемъ, напр., рентгеновыхъ лучей. На стр. 111 выходитъ по г. Лебединскому, что если помѣстить наэлектризованное тѣло съ зарядомъ $+9$ внутри открытаго металлическаго стакана, то на внутренней поверхности послѣдняго индуцируется зарядъ -9 , а на внѣшней—зарядъ $+9$; что прямо не вѣрно; а вѣдь опыты, о которомъ рѣчь, одинъ изъ самыхъ основныхъ въ ученіи объ электричествѣ. Миѣ жаль также, что авторъ излагая электрику въ духѣ Фарадея-Максвелла, не приводитъ остроумныхъ Фарадѣевыхъ опытовъ, которые позволяютъ, не пользуясь закономъ Кудона, установить понятіе объ электрическомъ зарядѣ, какъ о величинѣ, подлежащей измѣренію соотвѣтственными единицами (см. Максвеллъ трактатъ въ переводѣ 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 одностороннее объясненіе, сводя все на известную электропроводность бумажки и стола, на которомъ она лежитъ. Въ дѣйствительности же въ этомъ явленіи мы имѣемъ вѣроятно дѣло—въ известной степени по крайней мѣрѣ—и съ тѣми силами, которыя оказываютъ неравновѣрное 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, приближаться какой нибудь 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 наэлектризованнаго тѣла зависитъ не только отъ заряда, но и отъ потенциала. По моему, все разсужденіе прямо нелогично. Изъ того, что листокъ электроскопа опалъ, 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 былъ бы, наоборотъ, указать, что при приближеніи проводника электрическая энергія должна уменьшиться, и не только указать, а доказать, что очень легко дѣлать; а за тѣмъ уже, доказавъ это, обратить наше вниманіе на то, что это уменьшеніе энергіи при неизмѣнномъ зарядѣ—сопровождается паденіемъ листка электроскопа, и значить уменьшеніемъ 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 большимъ недоразумѣніямъ, особенно въ связи съ предыдущими строками. Читатель не только можетъ, но долженъ подуматъ, что, напр., шаръ, котораго зарядъ $=Q$, а потенциалъ $=V$, обладаетъ электрической энергіей QV , тогда какъ въ дѣйствительности его электрическая энергія вдвое меньше и равна $\frac{1}{2} QV$.

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

Говоря о Фарадѣевыхъ 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 Фарадѣевъ законъ, согласно которому количество p выдѣленнаго электрохимически вещества пропорціонально силѣ тока i и времени t его дѣйствія i , т. е. выражается формулой $p=kit$, гдѣ k нѣкоторый коэффициентъ пропорціональности (см. стр. 121 и 122). Однако, этотъ законъ можетъ быть установленъ только отдѣльными опытами, напр., надъ электрохимическимъ дѣйствіемъ разрядовъ различныхъ конденсаторовъ, а отнюдь не вытекаетъ сама съ собой, какъ авторъ повидимому принимаетъ, изъ приведеннаго въ книгѣ раньше (см. стр. 121) Фарадѣева же закона, согласно которому „всякій химическій элементъ выдѣляется однимъ и тѣмъ же токомъ за опредѣленное время въ точно постоянномъ количествѣ“. Одно изъ другого, повторяю, во не вытекаетъ логически. Чтобы подкрѣпить мысль примѣромъ, я выскажу такое положеніе: мѣдномъ цилиндрѣ 2-метровой длины и 3-миллиметрового діаметра однимъ и тѣмъ же токомъ за дѣленное время выдѣляется точно постоянное количество тепла, слѣдовательно количество выдѣленнаго нѣкоторымъ токомъ въ такомъ цилиндрѣ тепла пропорціонально силѣ тока и времени его дѣйствія, т. е. выражается формулой $w=Kit$. А вѣдь, моя аргументація точъ въ точъ такая же, какъ аргументація г. Л., однако, истинная формула будетъ, какъ известно, $w=Kt^2$!

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 представленіе 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 проходитъ 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 направленію“. Да, вѣдь, развѣ нѣкоторая прямая линія А расположена въ плоскости, перпендикулярной къ прямой линіи В, то она тѣмъ самымъ перпендикулярна и къ этой линіи; что же въ такомъ случаѣ значить добавленіе: „и перпендикулярно къ его направленію“. При томъ же, направлений, перпендикулярныхъ къ данному проводнику безконечное множество!

Далѣ, на стр. 139 и 140 авторъ едва ли правильно логично поступаетъ, примѣняя „третій“ законъ Ньютона о равенствѣ дѣйствія и противоѣйствія къ „моторной“ фиктивной системѣ: отдѣльному потоку пробѣгаемаго токомъ проводника и магнитной полюсу — системѣ, неосуществимой въ дѣйствительности и при томъ не потому чтобы она была физически невыполнима, а потому что она принципиально невозможна. Ньютоновъ же законъ имѣетъ 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 разлѣченныхъ вѣществахъ, объ электронахъ... могла бы быть очень интересной, тѣмъ болѣе, что относится до предметовъ, надъ которыми г. Лебединскій специально работалъ; но къ сожалѣнію, она до такой степени сжата, 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 il y a fagots et fagots, есть упреки и упреки, и я едва ли долженъ представлять на видъ и подчеркивать все различіе между тѣми упреками, которые я сдѣлалъ книгѣ г. Лебединскаго, и напримѣръ, тѣми упреками, которые мнѣ недавно приходилось дѣлать книгѣ г. Неезена за ея работу, измѣряемую въ „джоуль-метрахъ“ въ секунду, и т. д., и т. д.

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

По моему было бы въ высшей степени желательно, чтобы тѣ изъ нашихъ ученыхъ, которые не считаютъ своей единственной задачей повторять, пожать легкими измѣненіями, чужіе опыты—все равно какой области, лишь бы только сенсационные источники—и преподавать, пожалуй съ легкими домыслами, то что раньше имъ преподавали, и дѣлая какъ имъ преподавали; было бы въ высшей степени желательно, говорю я, чтобы эти ученые, къ числу которыхъ безспорно принадлежатъ и уважаемый авторъ „Лекцій по физикѣ“, уделяли бы по болѣе вниманія классическимъ трудамъ Оствальда и Маха по натуральной философій и энергетикѣ.

Тэйръ.

The Electrical Magazine. Theo Feilden, Editor-in-Chief. London. 12 №№ въ годъ. Цѣна 12 шиллинг. 6 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 отдѣлы теоріи электричества и электротехники: Напр. въ № 4 находимъ статью объ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ, о теоріи альтернаторовъ, о газовыхъ машинахъ, объ электрическихъ кранахъ, о паровыхъ турбинахъ, объ электро-пневматической системѣ Арнольда для электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, о выпрямительѣ Юитта и ртутной лампѣ, гальванопластикѣ, о лучахъ Блондло, о проектировании динамомашинъ и т. д. Цѣлая масса мелкихъ замѣтокъ касается, кромѣ того, всевозможныхъ отдѣльныхъ вопросовъ техники и науки; есть особый отдѣлъ, посвященный вопросамъ студентовъ и отвѣтамъ на нихъ профессоровъ. Словомъ—въ смыслѣ полноты и разнообразія не остается желать ничего лучшаго. Сотрудники въ новомъ журналѣ весьма хороши.

* Я не доказываю подробности этотъ упрекъ, чтобы не удлинять чересчуръ свою рецензію.

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 большимъ интересомъ.

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

Изданіе, бумага, рисунки превосходны.

НОВЫЯ ИЗДАНИЯ.

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

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

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

Etude sur le résonance dans les réseaux de distribution par courants alternatifs, par G. Chevrier. Edité 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 представляется изъ себя явленіе въ существенныхъ чертахъ схожее съ катоднымъ потокомъ въ кружковой трубкѣ. Ему удалось показать, что въ образованіи дуги играютъ главную роль отрицательные іоны, онъ перенесъ тяжести дуги съ положительнаго на отрицательный электродъ. Мало того, онъ экспериментальнымъ путемъ опредѣлилъ знаменитое отношеніе $\frac{e}{m}$ для несущихся съ катода іоновъ, 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 значеніе катода и построили теорію вольтовой дуги, весьма близкія ко взглядамъ Миткевича.

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

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 отключеніемъ и приключеніемъ дуги можетъ доходить иногда до нѣсколькихъ секундъ.

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

Работая съ вольтовой дугой переменнаго 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 переменнаго 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 хорошенько (многоамперныя дуги зажигаются легко). Я попробовалъ тогда разогрѣть предварительно электроды постояннымъ токомъ и потомъ переключить на переменный. 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 переменнаго тока загоралась и горѣла весьма долгое время достаточно устойчиво. Если же желѣзо первоначально служило анодомъ, то при переключеніи на переменный токъ дуга совсѣмъ не загоралась. Какъ ни быстро дѣлалось переключеніе (рукой), результатъ получался одинъ и тотъ же. Только при очень короткой дугѣ и весьма быстромъ переключеніи дуга переменнаго тока загоралась, но очень скоро, почти мгновенно, потухала. Когда желѣзо было помѣщено сверху, то явленіе сказалося 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 переменнаго тока между углемъ и металломъ наступаетъ весьма сильная диссиметрія: токъ въ ней въ той части періода, когда желѣзо служитъ катодомъ, совершенно (или почти) задерживается и такимъ образомъ является выпрямленнымъ. Когда желѣзо въ дугѣ постоянного тока служитъ катодомъ, то уголь, будучи анодомъ, сильно разогрѣвается и при послѣдующемъ переключеніи тока на переменный,

оказавшись въ извѣстный моментъ катодомъ, даетъ возможность дугѣ загорѣться и поддѣживаться. Наоборотъ, если желѣзо было анодомъ, то уголь мало разогрѣвался (хотя и помѣщался наверху) и при переключеніи съ постоянного тока на переменный успѣвалъ достаточно сильно охладиться. Когда онъ оказывался въ нѣкоторый моментъ въ дугѣ переменнаго тока катодомъ, его температура спускалась ужъ слишкомъ низко, чтобы изъ него могли выдѣляться въ нужномъ количествѣ отрицательныя іоны и дуга не зажигалась. Когда желѣзо помѣщалось наверху, то уголь, служа нижнимъ электродомъ, успѣвалъ независимо отъ первоначальнаго направленія постоянного тока весьма значительно охладиться и разница въ явленіи стушевывалась, но за то и самое зажиганіе удавалось вообще гораздо хуже.

Чтобы окончательно провѣрить себя, я сдѣлалъ слѣдующій контрольный опытъ, еще болѣе близко напоминающій опыты Миткевича. Дуга между желѣзомъ (внизу) и углемъ зажигалась постояннымъ токомъ и затѣмъ при помощи двухполюснаго переключателя измѣнялось направление тока. Явленіе получилось совершенно то, какое и слѣдовало ожидать. Если желѣзо служило первоначально катодомъ, то при переключеніи полюсовъ дуга безошибочно зажигалась; если же желѣзо служило первоначально анодомъ, то ни разу не удалось при переключеніи зажечь дугу. Въ послѣднемъ случаѣ ни 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 всякаго затрудненія.

С. Майзель.

Письмо въ Редакцію.

Милостивые Государи!

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

Настоящее объединеніе имѣющее всемірное значеніе изобрѣтенія сдѣланнаго въ Россіи профессоромъ А. С. Поповымъ, его опытности примѣненія беспроволочнаго телеграфа на дѣлѣ—съ изобрѣтеніями и обширной практикой „Общества беспроволочной телеграфіи“, дастъ возможность примѣнять въ Россіи приборы, во всемъ удовлетворяющіе новейшимъ требованіямъ.

Просимъ принять увѣреніе въ совершенномъ почтеніи и преданности

Акціонерное общество русскихъ электротехническихъ заводовъ Сименсъ и Гальске.

(Подписи)

Гервагенъ, Эфронъ.