№ 8. 1898. АПРѢЛЬ.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Теоретическое изслѣдованіе и расчетъ многофазныхъ асинхроничныхъ электродвигателей.

Инженеръ-Технологъ А. А. Воронова.

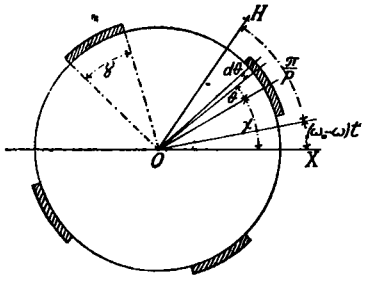
II. Явленія, происходящія въ арматурѣ двигателя.

§ 4. *Электродвижущая сила и электрическій токъ, развивающіеся въ обмоткѣ арматуры.* До сихъ поръ мы разсматривали такую систему двухъ цилиндровъ, въ которой только одинъ цилиндръ, служащій индукторомъ, былъ снабженъ обмоткой, другой же цилиндръ, по предположенію, состоялъ только изъ однихъ изолированныхъ другъ отъ друга желѣзныхъ листовъ настолько тонкихъ, что электрическіе токи не могли въ нихъ развиваться въ сколько-нибудь замѣтномъ количествѣ. Допустимъ теперь, что пересѣкаемая магнитнымъ потокомъ поверхность этого второго цилиндра, который мы будемъ называть арматурою, также снабжена многофазною обмоткой. При такомъ устройствѣ этого цилиндра явленія, происходящія во всей разсматриваемой системѣ, нѣсколько измѣнятся и усложнятся. Дѣйствительно, магнитный потокъ, создаваемый индукторомъ, при своемъ вращеніи будетъ пересѣкать обмотку арматуры, и если она составляетъ замкнутую цѣпь, то въ ней разовьются электрическіе токи, которые будутъ противодѣйствовать вращенію магнитнаго поля. Результатомъ этого противодѣйствія явится вращательный моментъ, приложенный къ арматурѣ, и если этотъ моментъ будетъ болѣе момента сопротивленія, то арматура начнетъ вращаться по направленію вращенія магнитнаго поля съ нѣкоторой угловой скоростью ω. Вмѣстѣ съ этимъ электрическіе токи, развивающіеся въ обмоткѣ арматуры, создадутъ свое собственное магнитное поле, которое сложится съ магнитнымъ полемъ индуктора и дастъ нѣкоторое равнодѣйствующее поле. Если при этомъ арматура двигателя будетъ устроена такимъ образомъ, что развивающіеся въ ея обмоткѣ электрическіе токи создадутъ магнитное поле, обладающее такими же свойствами, какими обладаетъ поле индуктора, то есть, постоянное по величинѣ и вращающееся съ тою же угловою скоростью ω_0, то очевидно, что точно такими же свойствами будетъ обладать и поле равнодѣйствующее.

Указанное обстоятельство даетъ намъ право допустить, что равнодѣйствующее поле будетъ дѣйствительно постояннымъ по величинѣ и вращающимся съ постоянной угловой скоростью ω_0 и затѣмъ опредѣлить тѣ условія, которымъ должна будетъ удовлетворять обмотка арматуры для того, чтобы сдѣланное допущеніе было справедливо.

Итакъ допустивъ, что равнодѣйствующее поле, а слѣдовательно, и равнодѣйствующій потокъ, который мы обозначимъ буквой Φ, будутъ постоянны, опредѣлимъ ту электродвижущую силу, которая будетъ развиваться въ обмоткѣ арматуры отъ пересѣченія ея вращающимся магнитнымъ потокомъ Φ.

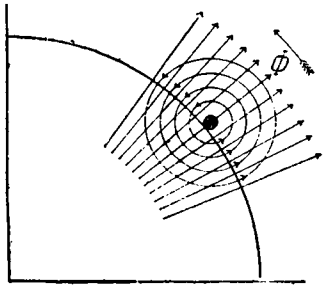
Допустимъ для этого, что средина обмотки какой-либо фазы отстоитъ на нѣкоторый уголъ χ отъ оси OX (фиг. 1), проведенной на основаніи цилиндра арматуры, и что въ начальный моментъ времени нулевая точка магнитнаго поля, создаваемаго потокомъ Φ, лежитъ на оси OX, и посмотримъ, какая электродвижущая сила будетъ развиваться по истеченіи промежутка времени t отъ начальнаго момента въ проволокѣ, отстоящей на уголъ θ отъ средины обмотки.



Фиг. 1.

Если эта проволока составляетъ часть замкнутой электрической цѣпи, то въ ней появится токъ, который произведетъ свой собственный магнитный потокъ, окружающій проволоку, какъ

показано на фиг. 2. Мы условимся считать положительнымъ магнитнымъ потокомъ такой потокъ, который направленъ отъ центра арматуры, а положительной электродвижущей силой ту,



Фиг. 2.

которая создаетъ токъ, образующій положительный магнитный потокъ по направленію положительнаго угла; а потому направленіе электродвижущей силы въ элементѣ, пересѣкаемомъ положительнымъ магнитнымъ потокомъ, вращающимся по направленію положительнаго угла, мы должны будемъ признать отрицательнымъ. Вслѣдствіе этого, обозначивъ электродвижущую силу, развивающуюся въ одной проволокѣ, буквой ε, мы должны будемъ выразить ее слѣдующимъ образомъ:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

гдѣ $d\Phi$ есть потокъ, пересѣкающій проволоку въ теченіе безконечно малаго промежутка времени dt.

Если h есть радіальное напряженіе магнитнаго поля въ данный моментъ времени въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится разсматриваемая проволока, то

$$d\Phi = h\,\frac{D}{2}\,l_0\,(\omega_0 - \omega)\,dt$$

а потому

$$\varepsilon = -\frac{Dl_0}{2}\,h\,(\omega_0 - \omega).$$

Такъ какъ по истеченіи времени t отъ начальнаго момента магнитный потокъ повернется относительно оси OX на уголъ $(\omega_0 - \omega)\,t$, то радіальное напряженіе поля по направленію, взятому подъ угломъ $(\chi + \theta)$ къ оси OX, выразится слѣдующимъ образомъ:

$$h = HSn\,\frac{p}{2}\,\{(\chi + \theta) - (\omega_0 - \omega)\,t\}$$

или, на основаніи уравненія 2,

$$h = \frac{p}{2l_0D}\,\Phi\,Sn\,\frac{p}{2}\,\{(\chi + \theta) - (\omega_0 - \omega)\,t\}.$$

Подставивъ эту величину въ выраженіе для E, получимъ

$$\varepsilon = -\frac{p}{4}\,\Phi\,(\omega_0 - \omega)\,Sn\,\frac{p}{2}\,\{(\chi - \theta) - (\omega_0 - \omega)t\}.$$

Эта величина будетъ различна для разныхъ проволокъ обмотки разсматриваемой фазы, и если обозначимъ черезъ e полную электродвижущую силу, развивающуюся въ обмоткѣ данной фазы, то e будетъ равно суммѣ величинъ ε, взятыхъ для всѣхъ проволокъ этой обмотки; средняя же величина электродвижущей силы, приходящаяся на одну проволоку, если число проволокъ въ обмоткѣ одной фазы есть m_2, будетъ

$$\frac{e}{m_2} = \frac{1}{m_2}\,\Sigma\varepsilon.$$

Но это уравненіе весьма неудобно для опредѣленія $\frac{e}{m_2}$ и кромѣ того оно требуетъ предварительнаго знанія числа проволокъ m_2; поэтому мы дадимъ иное выраженіе для величины $\frac{e}{m_2}$, болѣе удобное для расчета.

Если обозначимъ буквой γ уголъ, обхватывающій одну часть обмотки, какъ показано на фиг. 1, то среднюю величину электродвижущей силы можно будетъ выразить такъ:

$$\frac{e}{m_2} = \frac{1}{\gamma}\int_{\theta=-\gamma/2}^{\theta=+\gamma/2} \varepsilon\,d\theta$$

или

$$\frac{e}{m_2} = -\frac{p}{4}\,\Phi(\omega_0 - \omega)\,\frac{1}{\gamma}\int_{\theta=-\gamma/2}^{\theta=+\gamma/2} Sn\,\frac{p}{2}\{\chi + \theta - (\omega_0 - \omega)t\}\,d\theta.$$

Интегралъ, входящій въ это выраженіе, рѣшается слѣдующимъ образомъ:

$$\int Sn\,\frac{p}{2}\,\{\chi + \theta - (\omega_0 - \omega)\,t\}\,d\theta =$$

$$= \frac{2}{p}\int Sn\,\frac{p}{2}\,\{\chi + \theta - (\omega_0 - \omega)t\}\,d\,\frac{p}{2}\,\{\chi + \theta - (\omega_0 - \omega)t\} =$$

$$= -\frac{2}{p}\,Cos\,\frac{p}{2}\,\{\chi + \theta - (\omega_0 - \omega)\,t\} + C.$$

Подставляя въ послѣднее выраженіе указанные выше предѣлы, получимъ

$$\frac{2}{p}\Big[Cos\,\frac{p}{2}\,\{(\chi - (\omega_0 - \omega)\,t) - \frac{\gamma}{2}\} -$$

$$- Cos\,\frac{p}{2}\,\{(\chi - (\omega_0 - \omega)\,t) + \frac{\gamma}{2}\Big].$$

Это же выраженіе, на основаніи тригонометрической формулы

$$Cos\,(a - b) - Cos\,(a + b) = 2\,Sna\,Snb$$

можно представить въ такомъ видѣ:

$$\frac{4}{p}\,Sn\,\frac{p}{2}\,[\chi - (\omega_0 - \omega)\,t]\,Sn\,\frac{p\gamma}{4}.$$

Подставляя это послѣднее выраженіе вмѣсто равнаго ему опредѣленнаго интеграла въ выра-

женіе для $\frac{e}{m_2}$ и умножая обѣ части равенства на m_2, получимъ

$$e = -\frac{pm_2}{4} \Phi (\omega_0 - \omega) \zeta_2 Sn \frac{p}{2} [\chi - (\omega_0 - \omega) t]$$

или

$$e = E Sn \frac{p}{2} [(\omega_0 - \omega) t - \chi], \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

гдѣ

$$E = \zeta_2 \frac{pm_2}{4} \Phi (\omega_0 - \omega) \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

при чемъ

$$\zeta_2 = \frac{Sn \frac{p\gamma}{4}}{\frac{p\gamma}{4}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Такъ какъ потокъ Φ, по условію, есть равнодѣйствующій потоковъ, создаваемыхъ токами индуктора и арматуры, то отсюда слѣдуетъ, что въ обмоткѣ арматуры никакихъ иныхъ электродвижущихъ силъ, кромѣ опредѣленной выше e, не будетъ; а потому, если обмотка арматуры коротко замкнута, то сила тока, порождаемаго электродвижущей силой e, будетъ совпадать съ нею по фазѣ и выразится, слѣдовательно, такимъ уравненіемъ:

$$i = I_2 Sn \frac{p}{2} [(\omega_0 - \omega) t - \chi]$$

гдѣ $I_2 = \frac{E}{r_2}$, если r_2 есть сопротивленіе обмотки разсматриваемой фазы. Но иногда обмотка арматуры устраивается такимъ образомъ, чтобы можно было для пусканія двигателя въ ходъ включать въ нее добавочное сопротивленіе, которое вообще можетъ обладать самоиндукціей или емкостью. Это сопротивленіе будетъ составлять внѣшнюю часть электрической цѣпи арматуры, и если только оно будетъ имѣть самоиндукцію или емкость, то сила тока уже не будетъ совпадать по фазѣ съ электродвижущей силой e, а будетъ отставать отъ нея или опережать ее на нѣкоторый уголъ φ_2; слѣдовательно уравненіе силы тока въ этомъ случаѣ будетъ такое:

$$i = I_2 Sn \left[\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \frac{p}{2} \chi - \varphi_2\right] \ldots (24)$$

гдѣ φ_2 будетъ положительнымъ въ первомъ случаѣ и отрицательнымъ во второмъ.

Амплитуда же силы тока I_2, если обозначимъ добавочное сопротивленіе черезъ s, выразится такимъ образомъ:

$$I_2 = \frac{E}{r_2 + s} Cos \varphi_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Чтобы придать нашимъ выводамъ большую общность, мы замѣнимъ величины силы тока i и I_2 величинами плотности тока δ и Δ_2 и точно также величину сопротивленія r_2 замѣнимъ размѣрами самой обмотки.

Раздѣливъ обѣ части уравненія 24 на площадь поперечнаго сѣченія одной проволоки обмотки, мы получимъ это уравненіе въ слѣдующемъ видѣ:

$$\delta = \Delta_2 Sn \left[\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \frac{p}{2} \chi - \varphi_2\right] \ldots (26)$$

Если обозначимъ затѣмъ площадь поперечнаго сѣченія всей обмотки арматуры черезъ Q_2 и число ея фазъ черезъ z_2, то можемъ написать

$$\Delta_2 = \frac{z_2 m_2}{Q_2} I_2.$$

Обозначивъ далѣе черезъ l_2 среднюю длину одной проволоки обмотки арматуры и черезъ σ_2 площадь поперечнаго сѣченія этой проволоки, можемъ написать, что

$$r_2 = m_2 \rho \frac{l_2}{\sigma_2}$$

гдѣ ρ есть удѣльное сопротивленіе мѣди.

Подобно этому мы можемъ написать, что

$$r_2 + s = m_2 \rho \frac{l_2 + \lambda}{\sigma_2}$$

гдѣ $\lambda = \frac{s\sigma_2}{\rho m_2}$ есть фиктивная длина проволоки сѣченія σ_2 и удѣльнаго сопротивленія ρ, которую надо добавить къ длинѣ каждой проволоки обмотки арматуры, чтобы получить сопротивленіе обмотки одной фазы равнымъ $(r_2 + s)$.

Но такъ какъ

$$\sigma_2 = \frac{Q_2}{z_2 m_2},$$

то

$$r_2 + s = \rho \frac{z_2 m_2^2}{Q_2} (l_2 + \lambda).$$

Подставивъ теперь въ выраженіе для Δ_2 величину I_2 изъ уравненія 25, замѣнивъ въ немъ сумму сопротивленій $(r_2 + s)$ равною ей величиною на основаніи послѣдняго равенства, получимъ

$$\Delta_2 = \frac{E}{\rho m_2 (l_2 + \lambda)} Cos \varphi_2.$$

Подставивъ же сюда вмѣсто E равную ему величину изъ уравненія 22, получимъ величину наибольшей плотности тока окончательно въ слѣдующемъ видѣ:

$$\Delta_2 = \zeta_2 \frac{p}{4\rho (l_2 + \lambda)} \Phi (\omega_0 - \omega) Cos \varphi_2 \ldots (27)$$

Уголъ φ_2 здѣсь будетъ зависѣть отъ коэффиціента самоиндукціи L или емкости C добавочнаго сопротивленія и выразится въ первомъ случаѣ такимъ образомъ:

$$tg \varphi_2 = \frac{kL}{r_2 + s}$$

или

$$tg \varphi_2 = \frac{p (\omega_0 - \omega) L}{2 (r_2 + s)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

а во второмъ случаѣ такимъ образомъ:

$$tg \varphi_2 = -\frac{1}{kC (r_2 + s)}$$

или

$$tg\varphi_2 = -\frac{2}{p(\omega_0-\omega)C(r_2+s)} \quad . \; . \; (28')$$

такъ какъ для токовъ арматуры

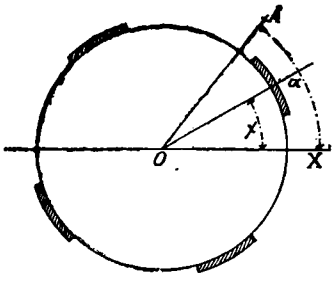
$$k = \frac{p}{2}(\omega_0 - \omega).$$

Уравненіе 26 показываетъ, что плотность тока въ обмоткѣ арматуры будетъ измѣняться по синусоидѣ, и что фазы этой синусоиды будутъ зависѣть отъ угла χ. Отсюда видно, что устраивая обмотку арматуры на основаніи тѣхъ же соображеній, какія были приведены при разсмотрѣніи обмотки индуктора, мы достигнемъ того, что магнитный потокъ, создаваемый токами арматуры, будетъ обладать тѣми же свойствами, какими обладаетъ потокъ индуктора, т. е., будетъ постояннымъ по величинѣ и вращающимся съ нѣкоторой постоянной скоростью.

§ 5. *Магнитный потокъ, создаваемый токами арматуры, и соотношеніе всѣхъ потоковъ, дѣйствующихъ на ея обмотку.* Синусоидальный перемѣнный токъ, проходящій по обмоткѣ разсматриваемой фазы арматуры вызоветъ появленіе магнитнаго потока, который будетъ перемѣннымъ по направленію и величинѣ, но не вращающимся по отношенію къ самой арматурѣ. Къ этому магнитному потоку, очевидно, могутъ быть примѣнены всѣ тѣ разсужденія, которыя были приведены при разсмотрѣніи магнитнаго потока индуктора, и если мы точно также допустимъ, что измѣненіе по окружности арматуры радіальнаго напряженія магнитнаго поля, создаваемаго ея токами, выразится синусоидой, то можемъ написать уравненіе совершенно аналогичное съ уравненіемъ 3, т. е.

$$y_2 = h_2 Sn\frac{p}{2}(\alpha - \chi)$$

гдѣ α есть уголъ произвольно взятаго направленія OA отъ оси OX (фиг. 3), проведенной на основаніи арматуры, и гдѣ



Фиг. 3.

$$h_2 = \frac{p}{2Dl_0}\Phi_2$$

при чемъ Φ_2 есть весь магнитный потокъ, создаваемый токами одной фазы обмотки арматуры и, слѣдовательно, дѣйствующій на эту обмотку. Но такъ какъ часть этого потока не пройдетъ черезъ всю магнитную цѣпь, сопротивленіе которой есть $\mathfrak{R}$, а отвѣтвится мимо индуктора, то обозначивъ отношеніе потока Φ_2, то есть, потока, дѣйствующаго на обмотку арматуры, къ потоку, проходящему черезъ всю магнитную цѣпь сопротивленія $\mathfrak{R}$, черезъ v_2 (коэффиціентъ Гопкинсона), можемъ написать, что

$$\Phi_2 = v_2\zeta_2\frac{4\pi q_2\delta_2}{p\mathfrak{R}}$$

а потому

$$h_2 = v_2\zeta_2\frac{2\pi q_2\delta_2}{l_0D\mathfrak{R}}.$$

Подставивъ въ это выраженіе вмѣсто δ_2 равную ему величину изъ уравненія 26 и затѣмъ подставивъ величину, равную h_2, въ уравненіе для y_2, получимъ

$$y_2 = v_2\zeta_2\frac{2\pi q_2\Delta_2}{l_0D\mathfrak{R}}Sn\left[\frac{p}{2}[(\omega_0-\omega)t-\chi]-\varphi_2\right]Sn\frac{p}{2}(\alpha-\chi).$$

На основаніи тригонометрической формулы

$$2\,Sn a\,Sn\,b = Cos\,(a-b) - Cos\,(a+b)$$

произведеніе синусовъ въ послѣднемъ уравненіи можно преобразовать слѣдующимъ образомъ, допустивъ при этомъ, что $\frac{p}{2}\chi = \beta$:

$$Sn\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2-\beta\right]Sn\left(\frac{p}{2}\alpha-\beta\right) =$$
$$= \frac{1}{2}\left\{Cos\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2-\frac{p}{2}\alpha\right]-\right.$$
$$\left.-Cos\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2+\frac{p}{2}\alpha-2\beta\right]\right\} =$$
$$= \frac{1}{2}\left\{Cos\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2-\frac{p}{2}\alpha\right]-\right.$$
$$-Cos\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2+\frac{p}{2}\alpha\right]Cos\,2\beta-$$
$$\left.-Sn\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2+\frac{p}{2}\alpha\right]Sn\,2\beta\right\}.$$

Подставивъ это выраженіе въ послѣднее уравненіе для y_2 и сложивъ затѣмъ величины y_2, взятыя для всѣхъ фазъ, поставивъ при этомъ условіемъ, чтобы было (см. § 2 услов. 16)

$$\Sigma\,Cos\,2\beta = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma\,Sn\,2\beta = 0$$

получимъ слѣдующее уравненіе радіальнаго напряженія поля, производимаго токами всѣхъ фазъ арматуры

$$Y_2 = v_2\zeta_2\frac{\pi z_2 q_2\Delta_2}{l_0D\mathfrak{R}}Cos\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2-\frac{p}{2}\alpha\right]$$

или

$$Y_2 = v_2\zeta_2\frac{\pi Q_2\Delta_2}{l_0D\mathfrak{R}}Sn\left[\frac{p}{2}(\omega_0-\omega)t-\varphi_2-\frac{p\alpha-\pi}{2}\right] \; . \; . \; . \; (29)$$

Въ этомъ уравненіи величина

$$v_2 \zeta_2 \frac{\pi Q_2 \Delta_2}{l_0 D \mathfrak{R}} = H_2$$

представляетъ наибольшую величину радіальнаго напряженія поля, создаваемаго токами арматуры, а потому на основаніи уравненія 2, можемъ написать, что

$$\Phi_2 = v_2 \zeta_2 \frac{2\pi Q_2 \Delta_2}{p \mathfrak{R}}$$

Замѣнивъ въ этомъ выраженіи величину Δ_2 равной ей величиной на основаніи уравненія 27, получимъ

$$\Phi_2 = v_2 \zeta_2^2 \frac{\pi Q_2}{2\rho (l_2 + \lambda) \mathfrak{R}} \Phi (\omega_0 - \omega) Cos\, \varphi_2 \quad (30)$$

Изъ уравненія 29 не трудно видѣть, что поле потока Φ_2 будетъ вращаться по отношенію къ арматурѣ съ угловой скоростью $(\omega_0 - \omega)$. Въ самомъ дѣлѣ, угловая скорость вращенія магнитнаго поля будетъ равняться угловой скорости вращенія его нулевой точки, которая получится при условіи

$$\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \varphi_2 - \frac{p\alpha - \pi}{2} = 0.$$

Это же уравненіе даетъ

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega_0 - \omega.$$

Отсюда слѣдуетъ, что по отношенію къ неподвижному индуктору потокъ Φ_2 будетъ вращаться со скоростью ω_0.

Такимъ образомъ мы видимъ, что для полученія постояннаго равнодѣйствующаго потока Φ, вращающагося съ постоянной скоростью ω_0, совершенно достаточно устроить обмотку арматуры на тѣхъ же основаніяхъ, какія были указаны для индуктора, такъ какъ при этомъ условіи постоянный магнитный потокъ Φ дѣйствительно создаетъ составляющій потокъ Φ_2 постоянный по величинѣ и вращающійся съ постоянной скоростью ω_0, то есть именно такой, какой нуженъ для образованія постояннаго равнодѣйствующаго потока при постоянномъ составляющемъ Φ_2, вращающемся съ тою же самою скоростью. Слѣдовательно, сдѣланное нами въ § 4 допущеніе было правильно.

Опредѣлимъ теперь тотъ уголъ, который образуется направленіями потоковъ Φ и Φ_2. При выводѣ выраженія электродвижущей силы и силы тока въ обмоткѣ арматуры мы допускали (§ 4), что въ начальный моментъ времени, т. е., при $t=0$, соотвѣтствующая началу періода синусоиды нулевая точка равнодѣйствующаго магнитнаго поля, образуемаго потокомъ Φ, лежитъ на оси OX. Слѣдовательно радіальное напряженіе этого магнитнаго поля по направленію OA выразится уравненіемъ

$$Y = H Sn \frac{p}{2} [\alpha - (\omega_0 - \omega) t].$$

Радіальное же напряженіе магнитнаго поля потока Φ_2 можетъ быть выражено такимъ образомъ (уравненіе 29)

$$Y_2 = H_2 Sn \left[\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \varphi_2 - \frac{p\alpha - \pi}{2}\right].$$

Такъ какъ направленія потоковъ Φ и Φ_2 опредѣляются направленіями H и H_2, то, слѣдовательно, углы α, указывающіе направленія потоковъ Φ и Φ_2 получатся при условіи

$$Y = H \quad \text{и} \quad Y_2 = H_2.$$

Это же будетъ тогда, когда

$$\frac{p}{2} [\alpha - (\omega_0 - \omega) t] = \frac{\pi}{2}$$

и

$$\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \varphi_2 - \frac{p\alpha - \pi}{2} = \frac{\pi}{2}$$

Отсюда получаемъ для потока Φ

$$\alpha = \frac{\pi}{p} + (\omega_0 - \omega) t$$

и для потока Φ_2

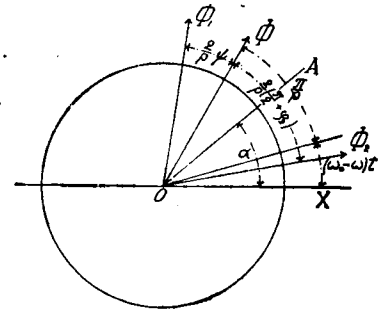
$$\alpha = -\frac{2\varphi_2}{p} + (\omega_0 - \omega) t$$

Вычтя второй уголъ изъ перваго, получимъ уголъ, на который потокъ Φ_2 отстаетъ отъ потока Φ; этотъ уголъ будетъ

$$\frac{2}{p}\left(\frac{\pi}{2} + \varphi_2\right).$$

Отсюда слѣдуетъ, что періодъ синусоиды магнитнаго поля потока Φ_2 будетъ отставать отъ такого же періода синусоиды потока Φ на уголъ $\frac{\pi}{2} + \varphi_2$.

Если одинъ изъ составляющихъ потоковъ, именно Φ_2, отстаетъ отъ равнодѣйствующаго, то другой Φ_1 долженъ опережать его. Поэтому, обо-



Фиг. 4.

значивъ тотъ уголъ, на который *періодъ синусоиды* потока Φ_1 опережаетъ *періодъ синусоиды* потока Φ, буквой ψ, можемъ написать слѣдующее уравненіе радіальнаго напряженія потока Φ_1 (фиг. 4):

$$Y_1 = H_1 Sn \left[\frac{p}{2} [\alpha - (\omega_0 - \omega) t] - \psi\right].$$

Но такъ какъ

$$Y = Y_1 + Y_2$$

то, слѣдовательно,

$$H\,Sn\,\frac{p}{2}\left[\alpha - (\omega_0 - \omega)\,t\right] =$$

$$= H_1 Sn\left[\frac{p}{2}\left[\alpha - (\omega_0 - \omega)\,t\right] - \psi\right] +$$

$$+ H_2 Sn\left[\frac{p}{2}(\omega_0 - \omega)t - \varphi_2 - \frac{p\alpha - \pi}{2}\right].$$

При $t=0$ это уравненіе получаетъ видъ такой

$$H\,Sn\,\frac{p\alpha}{2} = H_1 Sn\left(\frac{p\alpha}{2} - \psi\right) - H_2 Sn\left(\varphi_2 + \frac{p\alpha - \pi}{2}\right).$$

Это же послѣднее уравненіе при $\alpha=0$ и $\alpha = \frac{\pi}{p}$ даетъ слѣдующіе два:

$$H_1\,Sn\psi = H_2\,Cos\varphi_2$$

и

$$H = H_1\,Cos\psi - H_2\,Sn\varphi_2$$

Изъ этихъ двухъ уравненій, подставивъ въ нихъ вмѣсто величинъ H величины Φ, которыя имъ пропорціональны, получимъ слѣдующія соотношенія между ними:

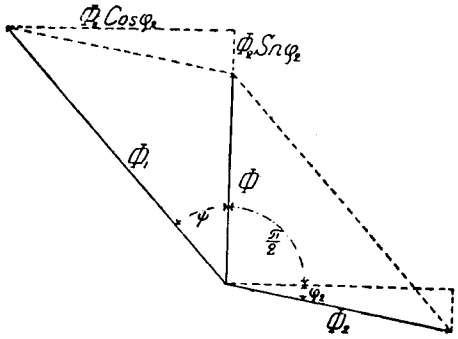
$$tg\psi = \frac{\Phi_2\,Cos\varphi_2}{\Phi + \Phi_2\,Sn\varphi_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (31)$$

$$\Phi_1 = \frac{\Phi}{Cos\,\psi} + \frac{\Phi_2}{Cos\psi}\,Sn\varphi_2 \quad . \; . \; . \; (32)$$

$$\Phi = \Phi_1\,\frac{Sn\psi}{Cos\varphi_2} \quad . \; . \; . \; . \; (33)$$

Уравненія 30, 31, 32 и 33 даютъ возможность выразить величины потоковъ Φ_1 и Φ_2 въ зависимости отъ потока Φ или же величины потоковъ Φ и Φ_2 въ зависимости отъ потока Φ_1

Построеніе, представляющее сложеніе этихъ потоковъ, и соотвѣтствующее послѣднимъ трѣмъ уравненіямъ, показано на фиг. 5.



Фиг. 5.

Когда двигатель пріобрѣтетъ скорость близкую къ нормальной, и арматура его будетъ замкнута сама на себя безъ добавочнаго сопротивленія, тогда будетъ

$$\varphi_2 = 0 \quad \text{и} \quad \lambda = 0$$

и уравненія 30, 31, 32 и 33 получатъ видъ такой:

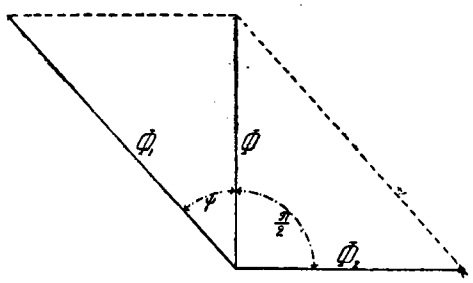
$$\Phi_2 = v_2 \zeta_2^2 \frac{\pi\,Q_2}{2\rho l_2 \mathfrak{R}} \Phi(\omega_0 - \omega) \quad . \; . \; (30')$$

$$tg\psi = \frac{\Phi_2}{\Phi} = v_2 \zeta_2^2 \frac{\pi\,Q_2}{2\rho l_2 \mathfrak{R}} (\omega_0 - \omega) \quad . \; . \; (31')$$

$$\Phi_1 = \frac{\Phi}{Cos\,\psi} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (32')$$

$$\Phi_2 = \Phi_1\,Sn\psi \quad . \; . \; . \; . \; . \; (33')$$

При этомъ потокъ Φ_2 будетъ отставать отъ потока Φ на уголъ $\frac{\pi}{p}$, а періодъ синусоиды магнитнаго поля потока Φ_2 будетъ отставать отъ такого же періода синусоиды потока Φ на уголъ $\frac{\pi}{2}$. Построеніе, соотвѣтствующее этому случаю, показано на фигурѣ 6.

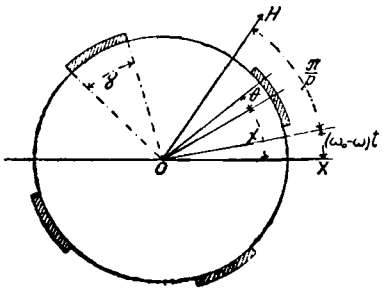


Фиг. 6.

Если въ обмотку арматуры будетъ введено добавочное сопротивленіе, не имѣющее ни самоиндукціи ни емкости, то въ этомъ случаѣ только φ_2 будетъ равно нулю, величина же λ будетъ имѣть нѣкоторую величину. Соотношеніе между величинами магнитныхъ потоковъ, соотвѣтствующее этому случаю, можетъ быть выражено также послѣдними четырьмя уравненіями, въ которыхъ только слѣдуетъ длину одной проволоки обмотки арматуры l_2 замѣнить фиктивною длиною $(l_2+\lambda)$.

§ 6. *Вращательный моментъ двигателя и развиваемая имъ электрическая мощность.* Чтобы найти вращательный моментъ, приложенный къ арматурѣ двигателя и являющійся результатомъ взаимодѣйствія между токами, проходящими по обмоткѣ арматуры, и равнодѣйствующимъ магнитнымъ потокомъ Φ, мы опредѣлимъ сначала величину вращательнаго момента, создаваемаго токами одной какой-либо фазы обмотки арматуры, обозначивъ этотъ моментъ черезъ M_1. Для этого мы будемъ разсматривать обмотку арматуры, какъ бы состоящею не изъ отдѣльныхъ проволокъ, а изъ сплошного проводящаго слоя. Площадь поперечнаго сѣченія той части этой

обмотки, которая соотвѣтствуетъ одному полюсу и обнимается угломъ γ (фиг. 7), будетъ равна $\frac{q_2}{p}$, а элементъ этой площади, обнимаемый без-



Фиг. 7.

конечно малымъ угломъ $d\theta$ и лежащій подъ угломъ $(\chi+\theta)$ къ постоянной оси OX, проведенной на основаніи арматуры, будетъ равенъ $\frac{q_2\, d\theta}{p\gamma}$. Далѣе, если плотность тока въ обмоткѣ есть δ, то элементарная сила тока, проходящаго черезъ элементъ безконечно малаго сѣченія, обнимаемый угломъ $d\theta$, можетъ быть выражена такимъ образомъ:

$$di = \delta\, \frac{q_2\, d\theta}{p\gamma}\,.$$

Имѣя выраженіе силы тока въ элементѣ обмотки, можемъ легко найти и выраженіе элементарнаго вращательнаго момента, создаваемаго ею. Дѣйствительно, сила, дѣйствующая на элементарный токъ di въ магнитномъ полѣ съ напряженіемъ h по направленію, перпендикулярному къ направленію тока и направленію поля, будетъ $l_0 h di$. Если h есть радіальное напряженіе поля, то эта сила будетъ дѣйствовать въ плоскости вращенія арматуры по направленію, перпендикулярному къ радіусу ея. Мы будемъ считать положительнымъ то направленіе этой силы, при которомъ она дѣйствуетъ въ сторону вращенія магнитнаго поля, т. е., согласно предыдущему, такое направленіе силы, которое получается отъ дѣйствія положительнаго поля на отрицательный токъ и отрицательнаго поля на положительный токъ. Поэтому выраженіе элементарнаго момента этой силы мы должны будемъ написать въ такомъ видѣ:

$$-\frac{D}{2}\, l_0\, h di$$

Величина радіальнаго напряженія въ этомъ выраженіи, какъ мы уже видѣли въ § 4, можетъ быть представлена такимъ уравненіемъ:

$$h = \frac{p}{2\, l_0 D}\, \Phi\, Sn \frac{p}{2} \{(\chi+\theta) - (\omega_0 - \omega) t\}$$

Подставивъ въ выраженіе элементарнаго момента вмѣсто h и di равныя имъ величины и замѣнивъ δ равной же величиной на основаніи уравненія 26, получимъ выраженіе элементарнаго момента въ такомъ видѣ:

$$\frac{q_2 \Delta_2}{4\gamma}\, \Phi\, Sn \left\{\frac{p}{2}\Big((\omega_0 - \omega) t - \chi\Big) - \varphi_2\right\}$$
$$Sn \frac{p}{2} \{(\omega_0 - \omega) t - \chi - \theta\}\, d\theta$$

Вращательный же моментъ, создаваемый токами всей обмотки разсматриваемой фазы, выразится интеграломъ этого выраженія, взятымъ въ предѣлахъ измѣненія угла θ отъ $-\frac{\gamma}{2}$ до $+\frac{\gamma}{2}$ и умноженнымъ на число полюсовъ; слѣдовательно, этотъ моментъ выразится такимъ образомъ:

$$M_1 = \frac{p q_2 \Delta_2}{4\gamma}\, \Phi Sn \left\{\frac{p}{2}\, [(\omega_0 - \omega) t - \chi] - \varphi_2\right\}$$
$$\int_{\theta = -\gamma/2}^{\theta = +\gamma/2} Sn \frac{p}{2} \{(\omega_0 - \omega) t - \chi - \theta\}\, d\theta$$

Рѣшеніе интеграла, входящаго въ это выраженіе, уже было дано въ § 4. а потому, не приводя снова этого рѣшенія, можемъ написать, что

$$\int_{\theta = -\gamma/2}^{\theta = +\gamma/2} Sn \frac{p}{2} \{(\omega_0 - \omega) t - \chi - \theta\}\, d\theta =$$
$$= \frac{4}{p}\, Sn \frac{p}{2} \{(\omega_0 - \omega) t - \chi\}\, Sn \frac{p\gamma}{4}.$$

Поэтому

$$M_1 = \zeta_2 \frac{p}{4}\, q_2\, \Delta_2\, \Phi\, Sn \left\{\frac{p}{2}\, (\omega_0 - \omega)\, t - \frac{p}{2}\, \chi - \varphi_2\right\}$$
$$Sn \left\{\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \frac{p}{2}\, \chi\right\}.$$

Преобразуя входящее сюда произведеніе синусовъ по формулѣ

$$2\, Sna\, Snb = Cos\,(a - b) - Cos\,(a + b)$$

и принявъ при этомъ во вниманіе согласно предыдущему §, что $\frac{p}{2}\, \chi = \beta$, получимъ

$$Sn \left\{\frac{p}{2}\, (\omega_0 - \omega)\, t - \beta - \varphi_2\right\} Sn \left\{\frac{p}{2} (\omega_0 - \omega) t - \beta\right\} =$$
$$= \frac{1}{2} \Big[\, Cos\, \varphi_2 - Cos\, \{p\, (\omega_0 - \omega)\, t - \varphi_2 - 2\beta\}\Big] =$$
$$= \frac{1}{2} \Big[\, Cos\, \varphi_2 - Cos\, \{p\, (\omega_0 - \omega)\, t - \varphi_2\}\, Cos\, 2\beta -$$
$$- Sn\, \{p\, (\omega_0 - \omega)\, t - \varphi_2\}\, Sn\, 2\beta\, \Big].$$

Если теперь замѣнимъ въ выраженіи для M произведеніе синусовъ равной ему величиной, а вмѣсто Δ_2 подставимъ равную величину изъ урав-

ненія 27, то получимъ окончательно выраженіе момента одной фазы въ такомъ видѣ:

$$M_1 = \zeta_2^2 \frac{p^2 q_2}{32\rho(l_2+\lambda)} \Phi^2 (\omega_0 - \omega) \, Cos\, \varphi_2 \, [Cos\, \varphi_2 - $$
$$- Cos\, \{p(\omega_0 - \omega) t - \varphi_2\} \, Cos\, 2\beta -$$
$$- Sn\, \{p(\omega_0 - \omega) t - \varphi_2\} \, Sn\, 2\beta] \quad . \; . \; (34)$$

Полный же вращательный моментъ двигателя, который мы обозначимъ буквой M, выразится суммой этихъ величинъ, взятыхъ для всѣхъ фазъ арматуры, число которыхъ мы обозначали черезъ z_2. Слѣдовательно, можемъ написать, что

$$M = \zeta_2^2 \frac{p^2 q_2}{32\rho(l_2+\lambda)} \Phi^2 (\omega_0 - \omega) \, Cos\, \varphi_2 \, [z_2 \, Cos\, \varphi_2 - $$
$$- Cos\, \{p(\omega_0 - \omega) t - \varphi_2\} \, \Sigma\, Cos\, 2\beta -$$
$$- Sn\, \{p(\omega_0 - \omega) t - \varphi_2\} \, \Sigma\, Sn\, 2\beta] \quad . \; (35)$$

Но такъ какъ обмотка устраивается такимъ образомъ, что

$$\Sigma\, Cos\, 2\beta = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma\, Sn\, 2\beta = 0,$$

то величина полнаго вращательнаго момента двигателя выразится окончательно въ такомъ видѣ:

$$M = \zeta_2^2 \frac{p^2 Q_2}{32\rho(l_2+\lambda)} \Phi^2 (\omega_0 - \omega) \, Cos^2\, \varphi_2 \quad . \; (36)$$

Когда двигатель пріобрѣтетъ скорость, близкую къ нормальной, и арматура его будетъ замкнута сама на себя безъ добавочнаго сопротивленія, то λ и φ_2 сдѣлаются равными нулю, и выраженіе 36 приметъ видъ такой:

$$M = \zeta_2^2 \frac{p^2 Q_2}{32\rho\, l_2} \Phi^2 (\omega_0 - \omega) \quad . \; . \; (36')$$

Если M есть вращательный моментъ, приложенный къ арматурѣ двигателя, а ω угловая скорость ея вращенія, то обозначивъ электрическую мощность, развиваемую двигателемъ, черезъ P, можемъ написать, что

$$P = M\omega.$$

Подставивъ сюда вмѣсто M равную ему величину изъ уравненія 36', получимъ слѣдующее уравненіе:

$$P = \zeta_2^2 \frac{p^2 Q_2}{32\rho\, l_2} \Phi^2 (\omega_0 - \omega)\, \omega \; . \; . \; . \; (37)$$

Это послѣднее уравненіе выражаетъ мощность двигателя при нормальной его работѣ, когда арматура замкнута сама на себя безъ добавочнаго сопротивленія.

§ 7. *Мощность, идущая на нагрѣваніе обмотки арматуры.* Мгновенная мощность, идущая на нагрѣваніе обмотки одной фазы вмѣстѣ съ введеннымъ въ нее добавочнымъ сопротивленіемъ, будетъ равна $(r_2+s)\, i^2$; но такъ какъ $i = \sigma_2 \delta$, а $r_2 + s = m_2 \rho \frac{l_2+\lambda}{\sigma_2}$ (§ 4), то

$$(r_2 + s)\, i^2 = q_2 \rho\, (l_2 + \lambda)\, \delta^2,$$

Подставивъ сюда вмѣсто δ равную ему величину изъ уравненія 26, и принявъ во вниманіе, что $\frac{p}{2}\chi = \beta$, получимъ

$$(r_2 + s)\, i^2 = q_2 \rho\, (l_2 + \lambda)\, \Delta_2^2\, Sn^2$$
$$\left[\frac{p}{2}(\omega_0 - \omega)\, t - \beta - \varphi_2\right].$$

Это выраженіе на основаніи формулы

$$Sn^2 a = \frac{1}{2}(1 - Cos\, 2a)$$

можно представить въ такомъ видѣ:

$$(r_2 + s)\, i^2 = \frac{1}{2} \rho\, (l_2 + \lambda)\, q_2\, \Delta_2^2 \; .$$
$$\{1 - Cos\, [p(\omega_0 - \omega) t - 2\varphi_2 - 2\beta]\}$$

или

$$(r_2 + s)\, i^2 = \frac{1}{2} \rho\, (l_2 + \lambda)\, q_2\, \Delta_2$$
$$\{1 - Cos\, [p(\omega_0 - \omega) t - \varphi_2]\, Cos\, 2\beta -$$
$$- Sn\, [p(\omega_0 - \omega) t - 2\varphi_2]\, Sn\, 2\beta\} \quad . \; (38)$$

Мгновенная же мощность, идущая на нагрѣваніе всей обмотки арматуры и добавочнаго сопротивленія, выразится суммой этихъ величинъ, взятыхъ для всѣхъ фазъ обмотки; а потому, обозначивъ эту мгновенную мощность черезъ w_2, и принявъ во вниманіе, что

$$\Sigma\, Cos\, 2\beta = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma\, Sn\, 2\beta = 0$$

можемъ написать такое уравненіе:

$$w_2 = \frac{1}{2} \rho\, (l_2 + \lambda)\, Q_2\, \Delta_2^2 \quad . \; . \; . \; (39)$$

а при условіи, что $\lambda = 0$ и $\varphi_2 = 0$,

$$w_2 = \frac{1}{2} \rho\, l_2\, Q_2\, \Delta_2^2 \quad . \; . \; . \; . \; (39')$$

Это уравненіе аналогично съ уравненіемъ 20.

Подставивъ въ уравненіе 39 вмѣсто Δ_2 равную ему величину изъ уравненія 27, получимъ

$$w_2 = \zeta_2^2 \frac{p^2 Q_2}{32\rho(l_2+\lambda)} \Phi^2 (\omega_0 - \omega)^2\, Cos^2\, \varphi_2 \; . \; . \; (40)$$

Это послѣднее уравненіе можетъ быть получено также изъ выраженія вращательнаго момента. Дѣйствительно, если бы арматура была неподвижна, а магнитный потокъ вращался бы вокругъ нея со скоростью $(\omega_0 - \omega)$, то вся работа, затрачиваемая на вращеніе магнитнаго потока, пошла бы на нагрѣваніе арматуры, а величина этой работы въ секунду, или мощность, потреб-

ная для вращенія потока, была бы равна $M(\omega_0 - \omega)$. Но такъ какъ всѣ явленія, происходящія въ арматурѣ зависятъ лишь отъ относительной скорости вращенія магнитнаго потока по отношенію къ арматурѣ, то и силы тока въ ея обмоткѣ и нагрѣваніе этой обмотки будутъ совершенно одинаковы, какъ въ томъ случаѣ, когда арматура будетъ неподвижна, такъ и въ томъ случаѣ, когда она будетъ вращаться со скоростью ω, лишь бы величина потока Φ и относительная угловая скорость ея вращенія были однѣ и тѣ же. Поэтому мы можемъ написать, что

$$w_2 = M(\omega_0 - \omega).$$

Подставивъ же сюда вмѣсто M равную ему величину изъ уравненія 36, получимъ уравненіе 40.

Это уравненіе показываетъ, что мощность, идущая на нагрѣваніе всей обмотки арматуры, есть величина постоянная, хотя мощности, идущія на нагрѣваніе обмотокъ отдѣльныхъ фазъ, представляютъ величины перемѣнныя, какъ это видно изъ уравненія 38.

При условіи, что $\lambda = 0$ и $\varphi_2 = 0$, уравненіе 40 получаетъ видъ такой:

$$w_2 = \zeta_2^2 \frac{p^2 Q_2}{32 \rho l_2} \Phi^2 (\omega_0 - \omega)^2 \quad . . (40')$$

Слѣдовательно, это уравненіе представляетъ ту мощность, которая идетъ на нагрѣваніе обмотки арматуры во время нормальной работы двигателя.

Раздѣливъ уравненіе 40, на 37, получимъ

$$\frac{W_2}{P} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega} \quad . . . (41)$$

Не трудно видѣть, что это отношеніе останется вѣрнымъ и для того случая, когда величины λ и φ_2 будутъ болѣе нуля.

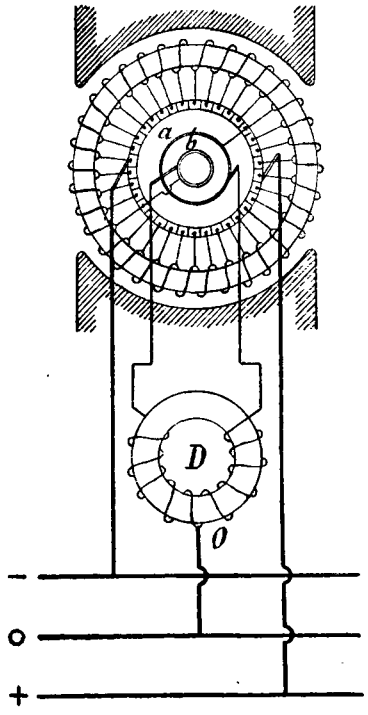
(Продолженіе слѣдуетъ).

Динамомашина въ 600 силъ съ уравнительной катушкой для трехпроводной системы.

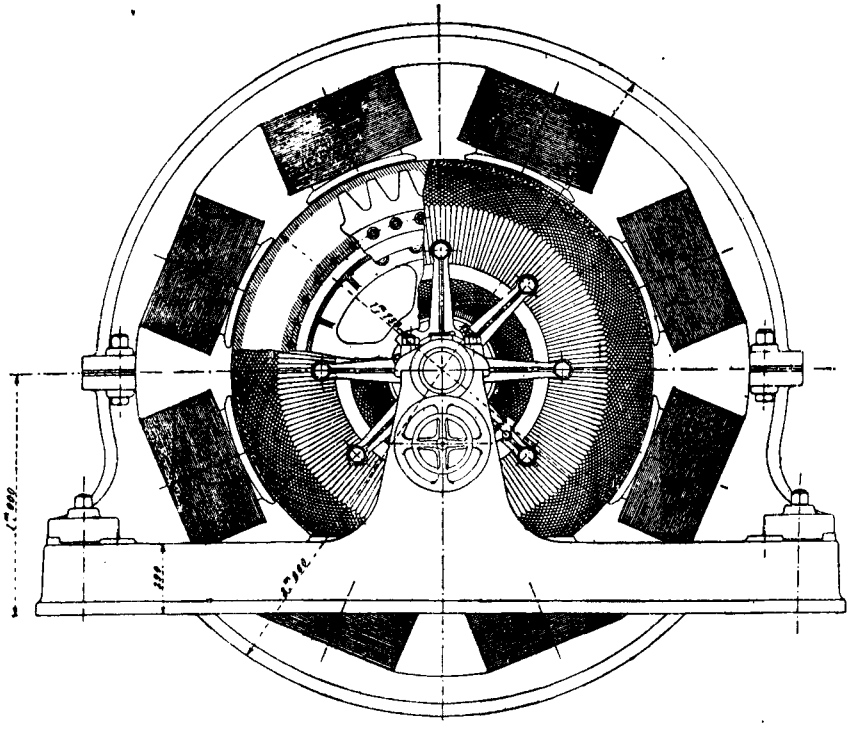
Трехпроводная система съ уравнительной катушкой, предложенная Доливо-Добровольскимъ, была описана въ нашемъ журналѣ *). Система эта была принята заводомъ Allgemeine Elektr. Gesellschaft и Обществомъ Compagnie de Fives Lille, которое построило въ настоящее время восьмиполюсную динамомашину въ 600 силъ.

*) Электричество. 1898. № 4—5.

На фиг. 8 представлена схема соединенія двухполюсной динамомашины съ уравнительной катушкой D при помощи колецъ a и b, закрѣпленныхъ на валѣ динамо, соединенія этихъ колецъ съ обмоткой машины и способа включенія динамо и уравнительной катушки въ трехпроводную сѣть. Разсмотримъ устройство дина-

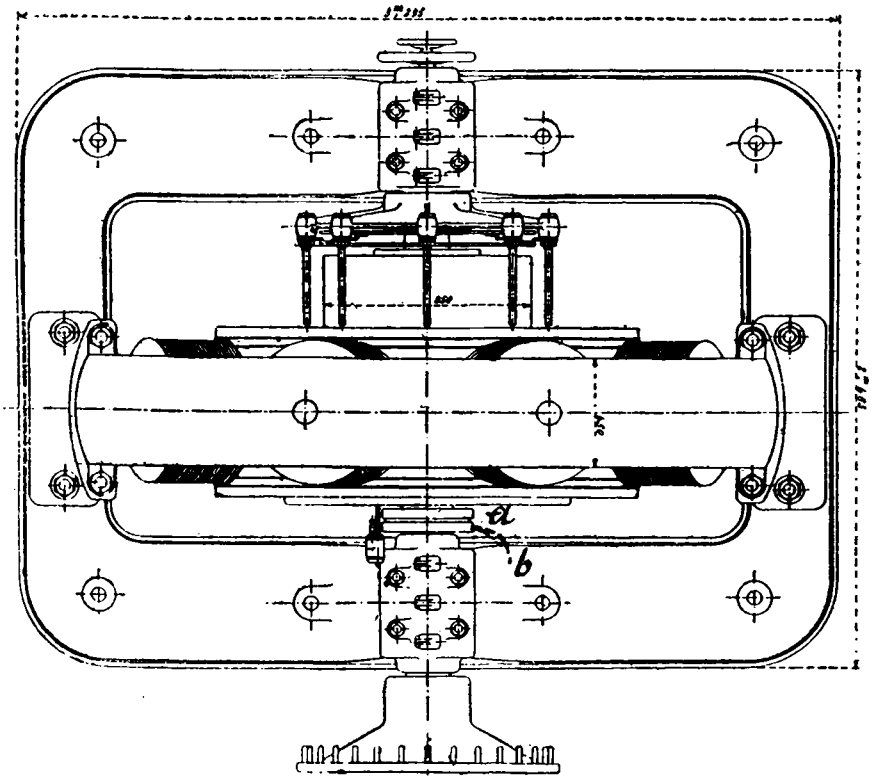


Фиг. 8.

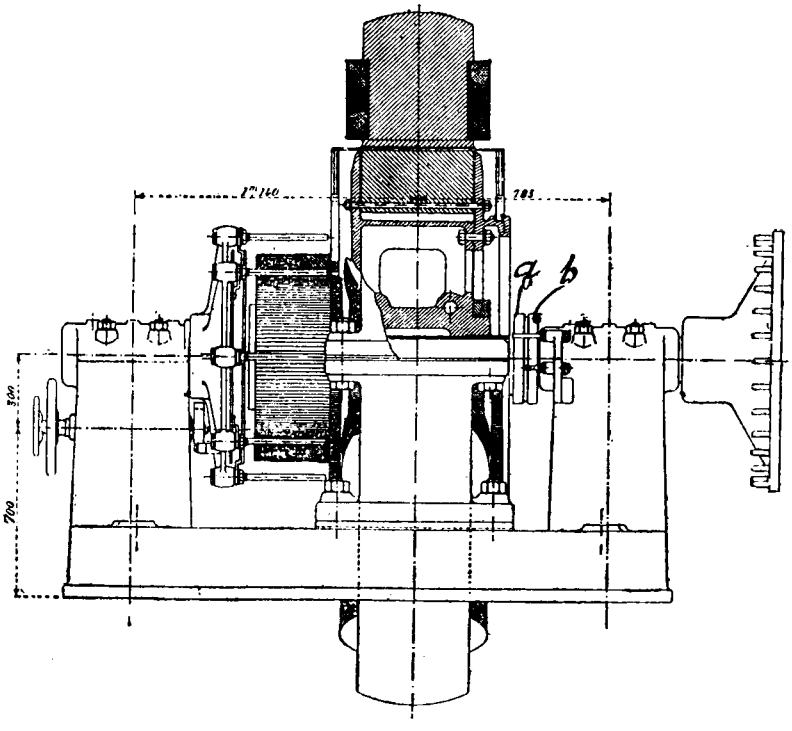


Фиг. 9.

момашины завода Compagnie de Fives Lille и уравнительной катушки отдѣльно.



Фиг. 10.



Фиг 11.

Эта машина установлена на станціи Эдисона въ Парижѣ. Заимствуемъ описаніе этой машины изъ L'Eclairage Electr. 1898 г. № 5.

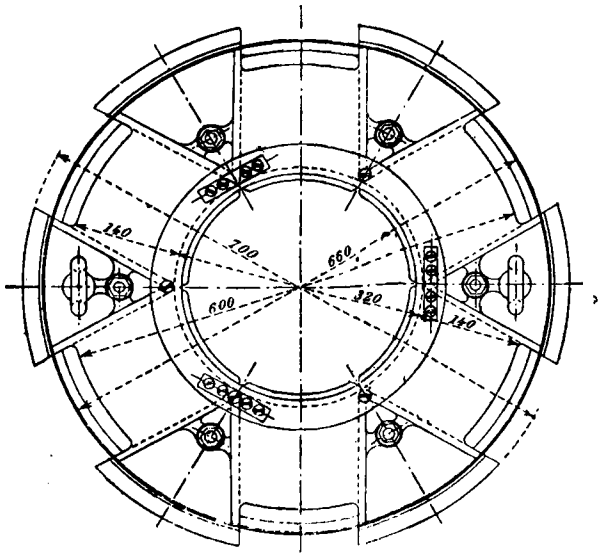
На фиг. 9 представленъ видъ сбоку и разрѣзъ части арматуры этой динамомашины. На фиг. 10—видъ сверху, а на фиг. 11 — вертикальный разрѣзъ по оси машины. Эта машина шунтовая; она расчитана на 1400 амперъ и 290 вольтъ у зажимовъ, при 300 оборотахъ въ минуту. Индукторъ ея восьмиполюсный — стальной. Наружное кольцо состоитъ изъ двухъ частей. Нижняя часть индуктора укрѣплена 4 болтами къ фундаментной доскѣ; какъ верхняя такъ и нижняя части индуктора снабжены приливами, служащими для соединенія между собой этихъ частей индуктора; между приливами расположены клинья для регулированія между желѣзнаго пространства. Сердечники индуктора имѣютъ круглое сѣченіе и снабжены полюсными придатками. Сопротивленіе 8 катушекъ индуктора, соединенныхъ послѣдовательно, равно приблизительно 46 омамъ при 15°С.

Арматура барабаннаго типа — обмотка волнообразная, соединеніе ея параллельное съ коннекторомъ при помощи котораго соединяются точки обмотки, которыхъ потенціалы одинаковы. Обмотка арматуры состоитъ изъ 400 стержней изъ красной мѣди, помѣщенныхъ въ отверстія съ узкими прорѣзами у наружной окружности арматуры и раздвоенныхъ соединительныхъ частей также изъ красной мѣди. Середина этихъ раздвоенныхъ частей (со стороны коллектора) соединяются съ пластинами коллектора помощью никелиновыхъ полосъ. Никелиновыя полосы представляютъ сравнительно большое сопротивленіе по отношенію къ сопротивленію катушки индуктора и сравнительно небольшое — по отношенію къ сопротивленію всей арматуры.

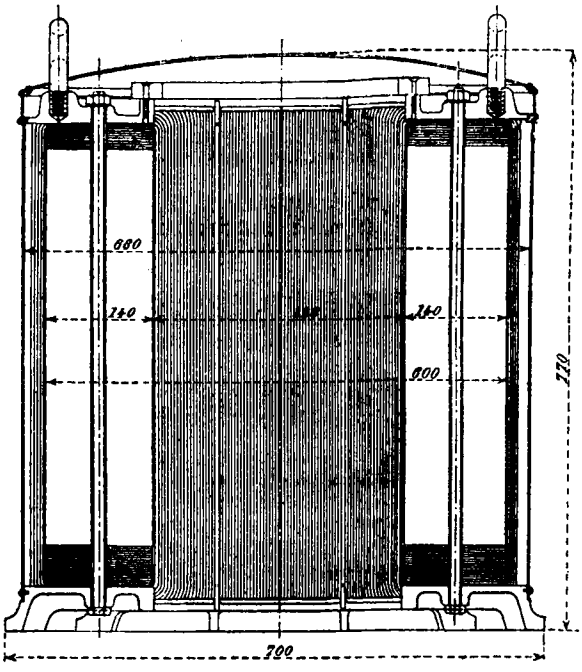
Сердечникъ арматуры сложенъ изъ желѣзныхъ листовъ, соединенныхъ болтами. Наружный діаметръ сердечника равенъ 1730 мм. Подшипники устроены съ кольцевой смазкой. Динамомашина сочленяется съ валомъ паровой машины Вилланса помощью соединительной муфты Рафара — съ кожанными кольцами.

Уравнительная катушка (фиг. 12 и 13) или дѣлитель напряженія, какъ ее назвалъ Доливо-Добровольскій напоминаетъ собой трансформаторъ перемѣннаго тока. Сердечникъ дѣлителя состоитъ изъ желѣзныхъ дисковъ, соединенныхъ между собой 6 изолированными болтами. Обмотка дѣлителя раздѣлена на двѣ симметричныя части для включенія средняго провода внѣшней цѣпи. Двѣ крайнія точки обмотки дѣлителя соединяются съ двумя особыми щетками, трущимися по кольцамъ *a* и *b* динамомашины (см. фиг. 11 и фиг. 8). Каждое изъ этихъ колецъ соединяется внутри динамо особыми проводами со столькими симметричными точками обмотки арматуры, сколько паръ полюсовъ у динамомашины. Такимъ

образомъ для данной (восьмиполюсной) машины на каждое кольцо подобныхъ проводовъ приходится 4, слѣдовательно всего восемь.



фиг. 12.



Фиг. 13.

Описанная машина работаетъ на упомянутой станціи вполнѣ исправно.

Г. Ш.

Планиметръ Ришара.

Для того, чтобы имѣть точное представленіе о ходѣ центральной станціи, необходимо установить извѣстное количество измѣрительныхъ приборовъ (вольтметровъ, амперметровъ, ваттметровъ и т. д.), съ помощью которыхъ во всякій моментъ времени можно было бы убѣдиться въ правильности функціонированія станціи.

Сравненіе различныхъ кривыхъ, наносимыхъ ежедневно пишущими приборами, внѣ всякаго сомнѣнія представляетъ большія выгоды и обезпечиваетъ постоянный контроль всей установки.

Одного взгляда на нанесенныя кривыя достаточно, чтобы дать себѣ отчетъ въ существенности и въ смыслѣ происшедшихъ измѣненій, но этого мало, чтобы узнать результирующее дѣйствіе нанесенныхъ величинъ. Для этой цѣли необходимо интегрировать поверхность, ограниченную кривыми. Самый простой способъ достигнуть этого заключается въ употребленіи планиметра.

Планиметръ Ришара изучали главнымъ образомъ въ виду интегрированія кривыхъ, наносимыхъ пишущими приборами всевозможныхъ родовъ, изображенныхъ самимъ Ришаромъ.

Планиметръ этотъ извѣстенъ и имъ пользуются уже много лѣтъ, но еще ни разу не было дано его полнаго описанія. Мы считаемъ не лишнимъ восполнить этотъ пробѣлъ, въ виду все большаго и большаго распространенія этого планиметра, что объясняется примѣненіемъ его не только къ діаграммамъ приборовъ Ришара, но и къ нахожденію любой площади, ограниченной болѣе или менѣе правильной кривой.

Въ планиметрахъ системы Амслера точность результатовъ тѣмъ больше, чѣмъ глаже площадка, по которой катится и скользитъ колесцо

Планиметръ Ришара изучали съ цѣлью устранить этотъ источникъ погрѣшностей, такъ какъ въ немъ интегрированіе производится посредствомъ кружка, сдавленнаго между двумя плоскими дощечками, поверхности которыхъ все время остаются совершенно одинаково отшлифованными.

Прежде чѣмъ описывать планиметръ Ришара, общій видъ котораго представленъ на черт. 14, необходимо изучить интегрирующій механизмъ, такъ какъ онъ составляетъ его существеннѣйшую часть.

Интегрирующій механизмъ (черт. 15) составляютъ 2 параллельныхъ дощечки P и P′, отшлифованныхъ самымъ совершеннымъ образомъ, между которыми можетъ вращаться колесцо Q, особенной формы изъ отшлифованной стали. Сфероидальная форма придана ему съ цѣлью ограничить его соприкосновеніе съ дощечками двумя точками.

Ось этого колесца параллельна одному изъ радіусовъ круглыхъ дощечекъ и, такъ какъ она можетъ перемѣщаться только поступательно, то колесцо по необходимости сохраняетъ всегда одно и то же направленіе.

Косяки дощечекъ P и P′ снабжены зубцами, послѣдніе захватываютъ за общую шестерню a'', вслѣдствіе чего когда одна изъ дощечекъ вращается въ одну сторону, другая вращается въ противуположную сторону съ той же угловой скоростью.

Когда колесцо Q находится въ центрѣ обѣихъ дощечекъ, оно остается неподвижнымъ во время ихъ вращенія; напротивъ, удаляясь отъ него, оно начинаетъ вращаться, и его угловая скорость увеличивается по мѣрѣ приближенія къ ихъ окружности.

Очевидно, что число оборотовъ n, совершаемыхъ колесцомъ Q пропорціонально какъ разстоянію l колесца отъ центра дощечекъ, такъ и угловой скорости ω послѣднихъ.

Значитъ, можно написать безразлично:

$$n = kl \text{ или } n = k\omega$$

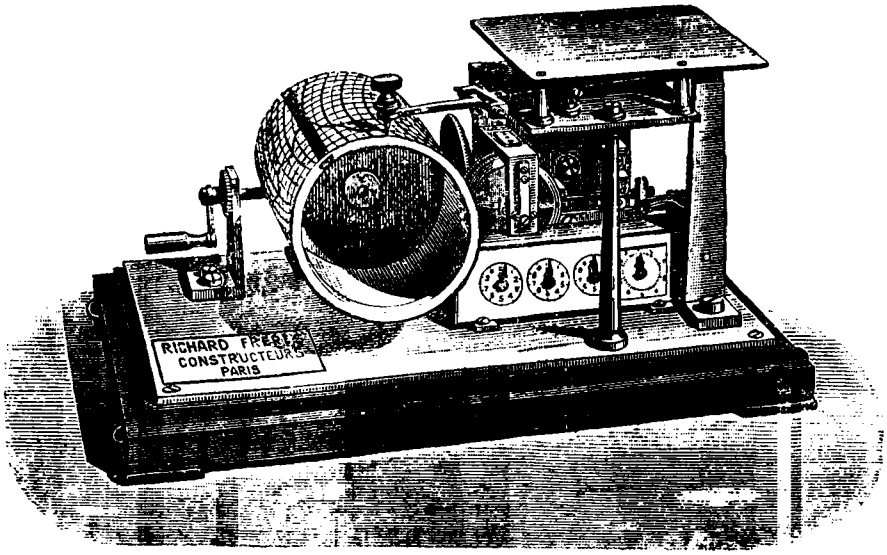
откуда

$$n^2 = k^2 l\omega ,$$

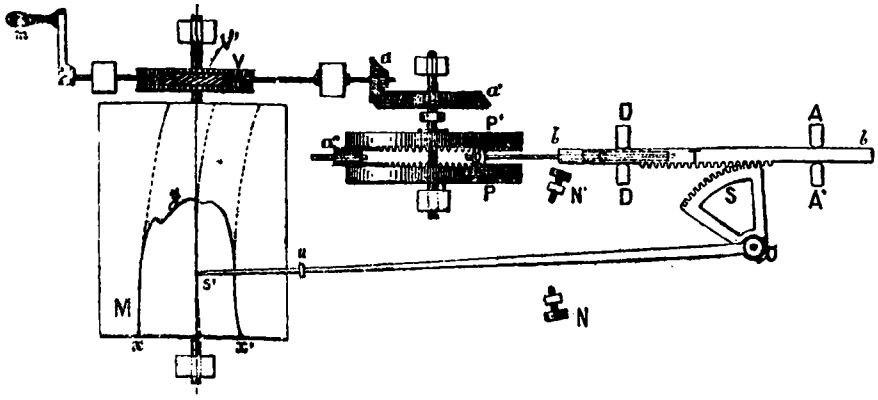
т. е. квадратъ числа оборотовъ, совершенныхъ колесцомъ, выражаетъ произведеніе разстоянія l колесца отъ центра дощечки на угловую скорость послѣднихъ и еще на нѣкоторую постоянную. Конечно, легко сдѣлать постоянную равной единицѣ.

Если мы станемъ разсматривать поверхность S, плоскую или развертывающуюся, то можно, проведя достаточное количество ординатъ, разбить ее на элементарныя части, настолько малыя, что каждая изъ

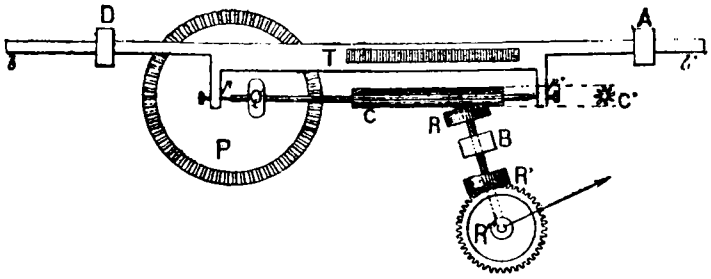
нихъ можетъ быть принята за трапецію. Если x основаніе одной изъ этихъ частей, а y, y' ограничивающія



Фиг. 14.



Фиг. 15.



Фиг. 16.

ее ординаты, то величина поверхности получится изъ уравненія:

$$s = x\left(\frac{y + y'}{2}\right),$$

а величина всей поверхности будетъ представлять сумму элементарныхъ поверхностей, т. е.:

$$S = \Sigma x\left(\frac{y + y'}{2}\right).$$

Если въ интегралѣ съ колесцомъ Ришара, колесцо во всякій моментъ времени будетъ занимать такое положеніе, что разстояніе l всегда будетъ пропорціонально ординатамъ поверхности e, и если, въ то же самое время, заставить вращаться дощечки со скоростью, всегда пропорціональной абсциссамъ разсматриваемой поверхности, то очевидно, что квадратъ числа оборотовъ, совершенныхъ кольцомъ Q, будетъ пропорціональнымъ поверхности S. Это именно и осуществляетъ планиметръ Ришара.

Какъ видно изъ черт. 14, приборъ состоитъ изъ барабана M, на ось котораго насажено зубчатое колесо V, захватывающее за безконечный винтъ V', который приводятъ во вращеніе одновременно съ цилиндромъ, дѣйствуя рукояткой m.

Шестерни a, a' и a'' передаютъ вращеніе винта V' дощечкамъ P и P'; угловая скорость послѣднихъ пропорціональна скорости барабана M, такъ какъ эти различныя части приводятся въ движеніе одной и той же рукояткой m.

Колесцо Q установлено на высотѣ остроконечій pp' (черт. 15) между выступами линейки bb', скользящей въ направляющихъ муфтахъ DD', AA', которыя принуждаютъ ее сохранять постоянное направленіе.

Линейка bb' снабжена зубчатой полосой T, захватывающей за зубчатый секторъ S, подвижный вокругъ точки o. Стрѣлка os' упирается въ ось o и сообщаетъ ей перемѣщенія чертящаго острія s'.

Стрѣлка os имѣетъ въ u шарнирное сочлененіе, внѣшній видъ котораго изображенъ на черт. 14; сочлененіе это позволяетъ части ou оставаться въ одной плоскости, въ то время, какъ остріе s' перемѣщается по какой либо изъ дугъ, изображенныхъ пунктиромъ на барабанѣ M.

Чтобы измѣрить поверхность xyx', нанесенную на барабанѣ, вращаютъ рукоятку m до тѣхъ поръ, пока остріе s' не попадетъ на кривую и не опредѣлитъ такимъ образомъ ординату, проведенную изъ точки x. Затѣмъ вращаютъ рукоятку m въ одну или въ другую сторону, съ тѣмъ, чтобы остріе, придерживаемое рукой, въ точности описало кривую xyx', исходя изъ точки x и возвращаясь туда же.

Въ теченіе этого времени колесцо Q занимало различныя положенія между дощечками, а послѣднія вращались болѣе или менѣе быстро въ зависимости отъ наклоненія различныхъ частей кривой.

Число оборотовъ, совершенныхъ колесцомъ Q, пропорціонально поверхности, ограниченной кривою xyx'. Остается изслѣдовать, какимъ образомъ получается сумма этого числа оборотовъ.

Ось, на которую насажено колесцо Q, снабжена достаточно длинной шестерней c, сѣченіе которой c' изображено на черт. 15. Эта шестерня передаетъ колесу R движеніе колесца Q, каково бы ни было положеніе послѣдняго, благодаря большой длинѣ, приданной шестернѣ c. Ось колеса R слегка наклонена, съ той цѣлью, чтобы послѣднее могло быть увлекаемо шестерней c при всякомъ положеніи колесца Q. Эта ось при посредствѣ колеса R' приводитъ въ движеніе первый двигатель R''

обыкновеннаго тотализатора. Къ оси колеса R″ придѣлана стрѣлка, которая перемѣщается передъ правымъ циферблатомъ (черт. 14) прибора и показываетъ квадратные миллиметры.

Платформа, расположенная въ верхней части прибора (черт. 14), служитъ для того, чтобы опираться на нее рукой.

Барабанъ такого же діаметра и высоты, какими пользуются въ пишущихъ приборахъ того же изобрѣтателя.

Наконецъ длина стрѣлки *os'* (черт. 15) равна длинѣ стрѣлокъ различныхъ пишущихъ приборовъ.

Градуированіе прибора на квадратные миллиметры достигается легко, если только соотвѣтственнымъ образомъ взять размѣръ діаметра колесца Q по отношенію къ числу зубцовъ шестерни *c* и колеса R.

Существенно, чтобы не было мертваго хода между зубчатой шестерней S (черт. 15), ни между шестернями *a* и *a'*, наконецъ между винтомъ V' и колесомъ V, такъ какъ происходящая отсюда потеря времени создала бы источникъ погрѣшностей.

Если въ измѣряемыхъ поверхностяхъ встрѣчаются отрицательныя части, то онѣ автоматически вычитаются изъ положительныхъ частей, такъ какъ, чтобы вести остріе по отрицательнымъ абсциссамъ, необходимо вращать рукоятку *m* въ противуположную сторону, вслѣдствіе чего показаніе тотализатора уменьшается.

Регулированіе прибора производится слѣдующимъ образомъ:

1) Проводятъ, при неподвижномъ положеніи рукоятки, остріе по всей длинѣ одной изъ образующихъ барабана.

2) Придерживаютъ остріе на оси *xx'* абсциссъ и приводятъ рукоятку во вращеніе.

Во время производства этой провѣрки стрѣлка перваго циферблата тотализатора должна оставаться неподвижной, такъ какъ при этихъ условіяхъ колесцо не должно вращаться.

Если бы стрѣлка перемѣщалась по циферблату, то это послужило бы указаніемъ на неточное положеніе колесца въ центрѣ дощечекъ, и тогда потребовалось бы перемѣстить ось абсциссъ *xx'* параллельно самой себѣ, двигая слегка бумагу и дѣйствуя винтами NN' (черт. 15), между которыми двигается стрѣлка *os'*. Легко найти положеніе острія *s'*, при которомъ, во время вращенія рукоятки колесцо не вращается. Точное положеніе оси абсциссъ *xx'* тогда найдено.

Можно найти поверхность любой діаграммы, нанеся ее на барабанъ и дѣйствуя такъ, какъ только что указано для кривыхъ, нанесенныхъ пишущими приборами. При этомъ остріе обязательно должно, отправившись изъ какой нибудь точки, возвратится въ ту же точку, пробѣжавъ весь контуръ поверхности.

Барабаны этихъ планиметровъ изготовляются двоякихъ размѣровъ; у однихъ діаметръ въ 90 мм. и высота 130 мм., у другихъ діаметръ въ 190 мм. и высота 182 мм.

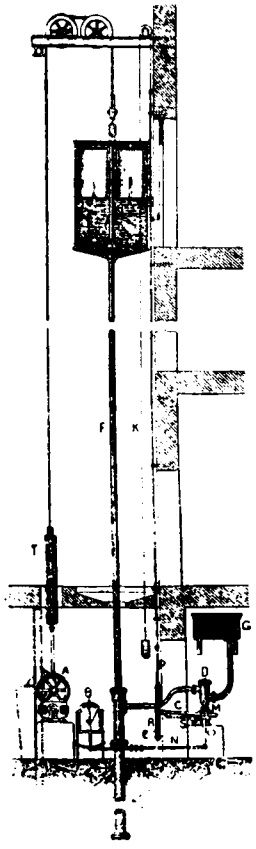
(L'Electricien № 378).

ОБЗОРЪ.

Электрическая подъемная машина съ гидравлическимъ тормазомъ.—Эта машина, построенная французскими инженерами Гюйенэ (Guyenet) и Мокомблемъ (Mocomble), состоитъ изъ вагона, подвѣшеннаго на канатѣ, съ противовѣсомъ T; электродвигатель A, наматывающій этотъ канатъ на воротъ, работаетъ только при подъемѣ вагона; а внизъ онъ перемѣщается автоматически, подъ дѣйствіемъ своей тяжести и движеніе это регулируется особымъ гидравлическимъ тормазомъ, принципъ котораго слѣдующій.

Вагонъ прикрѣпленъ, въ нижней своей части, къ полому стальному поршню F, сообщающемуся съ резервуаромъ *g*, находящимся въ подвальномъ помѣщеніи зданія. При подъемѣ вагона, цилиндръ F, очевидно, мало-по-малу наполняется водой, такъ что, при остановкѣ вся система (т. е. вагонъ и поршень) оказывается покоящеюся на массѣ воды, въ совершенно устойчивомъ положеніи.

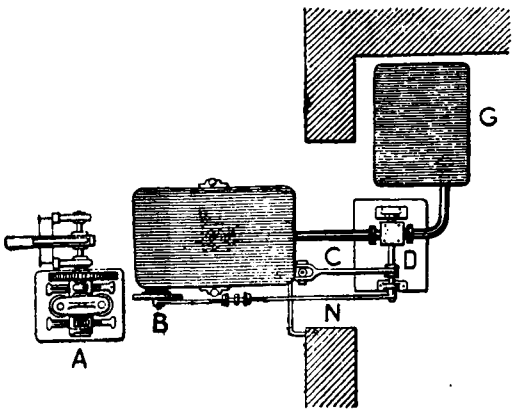
Для управленія подъемной машиной, въ ней имѣются металлическій прутъ I и веревка K (съ противовѣсомъ), позволяющіе останавливать вагонъ и пускать его снова въ ходъ, какъ извнутри вагона, такъ и снаружи. Прутъ I шарниромъ соединенъ съ рукояткой рычага C, поднимающаго клапанъ D. Рычагъ C, въ свою очередь, соединенъ, посредствомъ ломанаго рычага ON, съ ручкою B коммутаторъ электродвигателя A.



Фиг. 17.

Чтобы сообщить вагону движеніе вверхъ, надо дернуть веревку K внизъ; тогда прутъ S, поднявшись, одновременно откроетъ клапанъ D и приведетъ въ дѣйствіе электродвигатель A. Для остановки вагона, нужно потянуть вверхъ веревку K и привести рукоятку C и рычагъ ONB въ ихъ среднее положеніе, вслѣдствіе чего закроется клапанъ D, а электродвигатель A остановится. Наконецъ, для опусканія вагона, слѣдуетъ веревку K постепенно тянуть вверхъ, отчего клапанъ снова откроется и вода, переливаясь изъ поршня F въ резервуаръ *g*, дастъ вагону возможность подъ вліяніемъ силы тяжести: перемѣщеніе ручки коммутатора B влѣво отъ средняго положенія не окажетъ никакого воздѣйствія на электродвигатель A, ибо, какъ уже упомянуто раньше, подъемная машина построена такимъ образомъ, то электродвигатель работаетъ только при подъемѣ вагона.

Для большей наглядности, мы помѣщаемъ ниже, проекцію описанной подъемной машины на горизонтальную плоскость. Общія части обоихъ чертежей обозначены однѣми и тѣми же буквами.



Фиг. 18.

Чтобы сдѣлать подъемную машину вполнѣ безопасной и надежной, сообщить ей наиболѣе плавное дви-

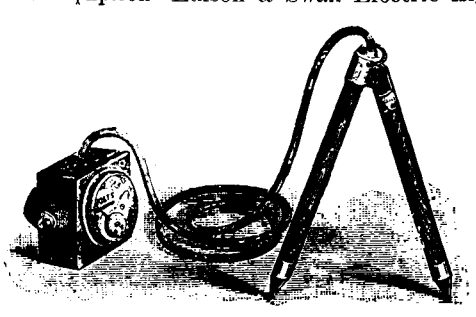
женіе и облегчить управленіе его (и безъ того несложное), Гюйенэ и Мокомбль устроили еще цѣлый рядъ мелкихъ приспособленій, не представляющихъ особаго интереса.

Въ заключеніе приводимъ сравнительную таблицу, расходовъ на эксплоатацію подъемныхъ машинъ трехъ наиболѣе употребительныхъ въ настоящее время системъ и машины системы Гюйенэ и Мокомбля, при условіи что машина, дѣлая въ сутки по 50 пробѣговъ, переноситъ каждый разъ трехъ пассажировъ, 210 килограммовъ общаго вѣса, на разстояніе въ 16 метровъ.

Наименованіе системъ.	Стоимость одного пробѣга, въ франкахъ.	Отношеніе стоимости пробѣга въ каждой системѣ къ стоимости пробѣга въ послѣдней системѣ.	Ежегодный расходъ, въ франкахъ.
Машина съ насосами, приводимыми въ движеніеэлектричествомъ	0,065	$\frac{0,065}{0,020} = 3,25$	1186,25
Машина гидроэлектрическая съ компенсаторомъ	0,030	$\frac{0,030}{0,020} = 1,5$	548
Машина электрическая системы Отисъ . .	0,0414	$\frac{0,0414}{0,020} = 2,07$	755
Машина системы Гюйенэ и Мокомбля	0,021	1	365

(L'Électricien, № 370).

Переносный измѣрительный приборъ.— На фиг. 19 изображенъ переносный приборъ для измѣреній напряженія у аккумуляторовъ, отличающійся простотой и удобствомъ пользованія имъ и выдѣлываемый лондонской фирмой Edison & Swan Electric Light Co.



Фиг. 19.

Вольтметромъ можно пользоваться въ какомъ угодно положеніи; чтобы удобнѣе было держать его одной рукой, онъ снабженъ ремнемъ на задней сторонѣ. Контактъ съ элементами устанавливается при посредствѣ раздвижной вилки, снабженной на каждой ножкѣ остріями, которыя прижимаются къ свинцовымъ полюсамъ элементовъ. Вилка соединяется съ вольтметромъ при посредствѣ гибкаго шнура, заключеннаго въ резиновую трубку. Весь приборъ и вилка покрыты краской, на которую не дѣйствуютъ кислотные пары.

(The Electrician).

БИБЛІОГРАФІЯ.

Силы и законы природы. Д-ра Антона **Лампа,** доцента физики Вѣнскаго университета. Переводъ съ нѣмецкаго **Г. А. Паперна.** Съ 45 рис. Ц. 1 руб. СПБ. Изданіе **Ф. Павленкова.** 1898 г. 308 стр.

За границей, какъ и въ Россіи, замѣчается большой подъемъ интереса къ популярнымъ сочиненіямъ по естествознанію. Въ отвѣтъ этому запросу появилось немало изданій на различные вкусы и различнаго достоинства. Книга г. Лампа представляетъ собою одинъ изъ лучшихъ образчиковъ изданій этого рода. Она несомнѣнно говоритъ о солидной учености автора, необходимой для того, чтобы популярный трактатъ не обратился въ сборникъ случайныхъ анекдотовъ и скучную компиляцію; кромѣ того авторъ во многихъ мѣстахъ выказываетъ умѣнье представить ясно и отчетливо довольно сложныя теоріи, а мѣстами и увлечь, несмотря на серьезность изложенія. „Силы и законы" г. Лампа имѣютъ еще то достоинство, что представляютъ собою перепечатку лекцій, которыя авторъ велъ въ одномъ рабочемъ образовательномъ кружкѣ, а потому внѣшніе пріемы изложенія были подвергнуты испытанію на дѣлѣ и могли быть обработаны сообразно съ впечатлѣніемъ аудиторіи

Наименѣе вниманія обратилъ г. Лампа на то, что „вкратцѣ можно было бы назвать философіей природы" (2 стр.), хотя, какъ говоритъ предисловіе, онъ имѣлъ въ виду представить ее предъ читателемъ. Что этой общей картины науки авторъ не далъ, показываютъ многія мѣста, которыя были бы иначе написаны, если бы авторъ имѣлъ въ виду опредѣленное направленіе. Автору пришлось бы убѣдиться, что ничего нѣтъ удивительнаго въ томъ, что „натуръ-философій было столько же, сколько философскихъ системъ, несмотря на тотъ несомнѣнный фактъ, что природа—одна". Не можетъ быть другого пути къ натуръ-философіи, какъ чрезъ горнило той или иной философской системы. Авторъ не высказывается ни за какую изъ нихъ, и потому натуръ-философіи не даетъ. Вслѣдствіе этого нѣкоторыя его основныя мысли оказываются весьма шаткими; такъ напр. на стр. 20—21 дается доказательство того, что вѣсъ „долженъ быть присущъ тому, что̀ обще всѣмъ тѣламъ, безъ чего тѣло не было бы тѣломъ,—т. е. матеріи".

Авторъ сознается далѣе, что подобныя построенія фразъ есть не идеальная наука, но человѣческая, которая прибѣгаетъ къ положеніямъ фантастическимъ. Единственный способъ не придти къ лжи среди этихъ фантазій авторъ видитъ въ твердомъ запоминаніи 4-хъ „правилъ" Ньютона, „величайшаго генія европейской науки"; 3-ье правило приводитъ автора даже къ признанію закона „сохраненія матеріи, имѣющимъ силу во всей вселенной". Вотъ образчики мѣстъ, которыя безъ извѣстной философской почвы не кажутся вовсе недопустимыми, какъ это утверждаетъ авторъ: „матерія сжимаема"... это заставляетъ „приписать матеріи необъяснимое, скрытое свойство" (стр. 14). На стр. 170 авторъ считаетъ невозможнымъ сдѣлать логически понятнымъ, что тѣло можетъ дѣйствовать и тамъ, гдѣ оно не присутствуетъ само; намъ кажется, что сначала это нужно еще сдѣлать логически *не*понятнымъ.

Обращаемъ особенное вниманіе на весьма полное изложеніе электростатики, а также и вообще электромагнитныхъ явленій, въ которомъ г. Лампа весьма удачно, хотя и очень осторожно, знакомитъ читателей съ Фарадеевскими взглядами.

Русскій переводъ сдѣланъ хорошо; странны лишь нѣкоторыя мѣста: „феноменъ Пельтье" (стр. 236), „гомогенное" поле (стр. 167). Онъ пріобрѣтаетъ еще большее значеніе въ виду того, что г. Лампа для русскаго перевода написалъ двѣ новыя главы („Опыты Тесла" и „Лучи Рентгена").

В. Л.

Elemente der mathematischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus von **J. J. Thomson.** Autorisirte deutsche Ausgabe von **G. Wertheim.** Mit 133 Abbild. Braunschweig. Verlag von F. Vieweg und Sohn. 1897. 414 стр. in 16°.

Элементы математической теоріи электричества и магнитизма. Д. Д. Томсона. Нѣмец. переводъ **Г. Вертгейма,** просмотрѣнный авторомъ. Цѣна 8 германск. марокъ (около 4 руб.).

Д. Д. Томсонъ, молодой Кэмбриджскій профессоръ, занимаетъ въ настоящее время видное положеніе въ европейской наукѣ. Въ вопросахъ, касающихся электри-

чества, онъ нерѣдко ведетъ за собою англійскую школу, примѣромъ чему могутъ служить его замѣчательныя работы о катодномъ потокѣ и лучахъ Рентгена. Онъ—яркій сторонникъ Фарадеевскихъ взглядовъ и, владѣя вполнѣ математическимъ анализомъ, онъ продолжаетъ работу Максвелля—облекать идеи Фарадея въ формулы исчисленія безконечно малыхъ. Но тотъ небольшой курсъ *элементовъ*, который появился на англійскомъ языкѣ въ 1895 г., вовсе не показываетъ намъ Томсона, какъ передового мыслителя въ физикѣ; наоборотъ, авторъ излагаетъ начало математической теоріи съ разнообразныхъ точекъ зрѣнія, не пренебрегая и старинными воззрѣніями на два взаимнодѣйствующихъ электричества; можно лишь быть увѣрену, что авторъ оставляетъ изъ этихъ воззрѣній только то, что легко согласуется съ новыми взглядами, и переходитъ къ этимъ послѣднимъ, какъ только старые становятся слишкомъ неудобными (напр. случай діэлектрика, введеннаго въ воздушный конденсаторъ).

Главное содержаніе книги Томсона заключается въ изложеніи математической постановки вопросовъ объ электричествѣ и магнитизмѣ; но авторъ всюду старается о возможномъ упрощеніи математическаго мышленія; во многихъ мѣстахъ не требуется отъ читателя даже элементовъ дифференціальнаго исчисленія (сюда относится почти вся электростатика). „Изученіе простѣйшихъ случаевъ, говоритъ авторъ въ своемъ введеніи, по моему мнѣнію, имѣетъ свою выгоду даже для лицъ, обладающихъ математическимъ образованіемъ, достаточнымъ для рѣшенія болѣе общихъ случаевъ; ибо въ этихъ простѣйшихъ случаяхъ отсутствіе аналитическихъ трудностей позволяетъ сосредоточить болѣе вниманія на физическую сторону вопроса, вслѣдствіе чего изучающій получаетъ болѣе живое представленіе о предметѣ и легче схватываетъ его".

Во главѣ математическихъ теорій Томсонъ ставитъ ученіе о статическомъ электричествѣ, причемъ отдѣльная глава посвящена методѣ электрическихъ изображеній (pp. 112—148). Затѣмъ слѣдуютъ магнитизмъ и электромагнитная индукція. XIII глава трактуетъ о токахъ въ діэлектрикѣ и электромагнитной теоріи свѣта.

Переводъ книги Томсона сдѣланъ проф. Вертгеймомъ. *Элементы* Д. Д. Томсона могутъ быть весьма полезны желающему разобраться въ теоретической части большихъ и трудныхъ трактатовъ по электричеству и магнетизму, а также и тѣмъ, кто интересуется переходомъ отъ математическаго строя старыхъ воззрѣній къ теоріи по воззрѣніямъ Фарадея. *В. Л.*

New Catechism of Electricity. A practical Treatise by **N. Hawkins.** Th. Audel & Co, Publishers, New-Jork. 1898. 541 стр.

Новый катехизисъ по электричеству. Практическій курсъ **Н. Гаукинса**. Нью-Іоркъ.

Эта курьезная книжка имѣетъ очень опрятную внѣшность. Содержаніе же ея нерѣдко лишено логики. Катехизисъ этотъ не предназначается ни для экспериментатора, ни для игрушечныхъ дѣлъ мастера, ни для учителя; онъ написанъ для тѣхъ, кто работаетъ надъ электричествомъ, какъ нѣкоторой стороной своей жизни (стр. XII).

Вотъ нѣкоторые образчики измышленій г. Гаукинса: На стр. XV авторъ не совѣтуетъ читателю слишкомъ углубляться въ вопросы о сущности электричества: „ни Эдисонъ, ни Тесла этого не дѣлали".

На стр. 22 находимъ классификацію электричества: 1) статическое, 2) токъ, 3) магнитизмъ (или электричество во вращеніи), 4) электричество въ колебательномъ состояніи (радіація) и т. д.

На страницѣ 33: „Напряженіе магнита: *напряженіе* магнита не то же самое, что его *подъемная сила*. Напряженіе магнита есть напряженіе его полюсовъ. Напряженіе магнитнаго полюса должно быть измѣряемо магнитною силою, какую магнитъ обнаруживаетъ".

На стр. 109. *Ваттметръ*. Ваттъ есть электрическая единица, получаемая отъ умноженія вольтовъ, которые представляютъ давленіе, на амперы, которые представляютъ объемъ; отсюда (hence), измѣрительный приборъ, предназначаемый для измѣренія электричества, проданнаго потребителю на его двигатели, лампы и грѣлки, называется ваттметромъ.

Правила для электрическихъ установокъ съ сильнымъ токомъ, изданныя Союзомъ Нѣмецкихъ Электротехниковъ. Перевелъ **В. А. Грозовъ**. Москва. 1898. 30 стр. 50 коп.

Подобныя же правила только предназначенныя для установокъ высокаго напряженія были нами разобраны въ нашемъ журналѣ въ № 3 текущаго года. Настоящія правила примѣнимы для электрическихъ установокъ съ сильнымъ токомъ, до 250 вольтъ между двумя какими либо проводами или проводомъ и землею (исключая подземныя сѣти и электрохимическія установки). Вся книга содержитъ 18 §§. §§ 1, 2 и 3 посвящены общимъ условіямъ электрическихъ установокъ. Далѣе въ § 7 даны подробныя правила, касающіяся проводовъ вообще, на изолировки и прокладки § 11 — аппараты. § 12—предохранители. § 13—выключатели. § 14—сопротивленіе. §§ 15 и 16—освѣщеніе лампами накаливанія и дуговыми. § 17—изоляція установокъ. § 18—планы и условные знаки для плановъ. Въ общемъ правила составлены довольно полно. Можно только пожелѣть, что въ правилахъ этихъ ничего не говорится опредѣленнаго о контрольныхъ аппаратахъ, необходимыхъ для каждой раціонально устроенной станціи; нѣтъ здѣсь и опредѣленныхъ указаній, относительно надзора за исправностью установки, какъ самихъ машинъ, такъ и сѣти проводовъ.

Переводъ сдѣланъ вообще хорошо. Мѣстами только попадаются неудачные или неправильные обороты. Такъ на стр. 6 и 24 говорится: „...для зарядки декоративныхъ принадлежностей"; рѣчь здѣсь идетъ просто о монтировкѣ (montirung) декоративныхъ лампъ накаливанія. *В. М.*

Люцэрнъ, Озеро Четырехъ Кантоновъ и большія экскурсіи по Швейцаріи. Путеводитель, составленный **Д. Ѳедоровымъ** при содѣйствіи **А. Рамзауэра** (Директора Оффиціальнаго Справочнаго Бюро для путешественниковъ). Изданіе первое. 1897. Съ приложеніемъ большой панорамы, многочисленныхъ иллюстрацій, нѣсколькихъ кафе, плана Люцэрна и проч. **Издано Люцернскимъ Оффиціальнымъ Справочнымъ Бюро.**

Нѣсколько словъ о подобномъ же изданіи, только на французскомъ языкѣ, было помѣщено въ нашемъ журналѣ за 1896 годъ стр. 79. Теперь эта книга, въ переработанномъ и значительно дополненномъ видѣ, издана и на русскомъ языкѣ. Получать эту книгу можно обратившись непосредственно по такому адресу: Suisse, Lucerne, Bureau Officiel de Renseignements, 2 Place du Cygne. Нельзя не привѣтствовать появленіе на русскомъ языкѣ книжки, которая можетъ оказаться въ высшей степени полезной для русскаго туриста по Швейцаріи. Помимо всѣхъ тѣхъ достоинствъ, которыми отличается французское изданіе, въ русскомъ есть еще весьма важныя дополненія. Такъ напримѣръ, съ 53 до 98 стр., можно найти весьма толково составленные маршруты, спеціально приноровленные для человѣка, ѣдущаго изъ Россіи.

Повторимъ здѣсь еще разъ пожеланіе, чтобы въ Путеводителѣ по Швейцаріи—странѣ, въ которой на каждомъ шагу приходится видѣть побѣду человѣка надъ природой,—было бы побольше свѣдѣній, касательно нѣкоторыхъ техническихъ сооруженій вообще и гидроэлектрическихъ въ частности.

Ретушь и раскрашиваніе фотографій. Для фотографовъ-профессіоналовъ и любителей, Составлено по І. Грасгофу, Бешу, Конске и др. Изданіе 2. Изданіе Щепанскаго. Невскій, 34. Спб. 1894. Цѣна 85 к. 109 стр.

Пигментный или угольный процессъ. Константинъ **Тиловичъ**. Спб. Изданіе Ф. В. Щепанскаго. Невскій пр. 34. 1895. Цѣна 30 коп. 24 стр.

РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

Новое изобрѣтеніе Эдисона. Въ виду испано-американской войны американцы возлагаютъ много надеждъ на Т. Эдисона, какъ защитника своей родины. Теперь сообщаютъ изъ Америки, что Эдисонъ изобрѣлъ бомбу, которая, будучи брошена въ воду, загорается и распространяетъ сильный свѣтъ вокругъ себя. Эдисонъ полагаетъ, что эта бомба будетъ служить для обнаруженія приближенія самодвижущихся минъ и миноносокъ. Оставляя обсужденіе этого вопроса морякамъ, мы только выразимъ сомнѣніе въ томъ, что дѣйствительно ли можетъ обладать бомба такимъ свѣтомъ, чтобы предупреждать появленіе минъ на достаточномъ разстояніи, но если она и свѣтится такъ ярко, то является опасность ослѣпнуть экипажу того судна, съ котораго бросаютъ бомбу.

Вывѣрка амперметровъ и электродинамометровъ. Профессоръ Мичиганскаго Университета Г. С. Кархартъ, обращаетъ вниманіе на особый способъ вывѣрки амперметровъ и электродинамометровъ съ помощью перемѣннаго тока; этотъ способъ довольно простъ и несмотря на это, очень мало извѣстенъ большинству инженеровъ-электриковъ. Особенныя выгоды этого способа состоятъ въ томъ, что онъ требуетъ очень слабый токъ, не требуетъ употребленія сопротивленій и т. п. Хорошо имѣть какой нибудь приборъ—эталонъ для измѣренія перемѣнныхъ токовъ, напр. вѣсы Томсона опредѣленной емкости. Слабый источникъ энергіи подъ извѣстнымъ напряженіемъ и соотвѣтствующій трансформаторъ—двѣ необходимыя вещи при этомъ. Профессоръ Кархартъ употребляетъ маленькій альтернаторъ, могущій давать напряженіе въ 135 вольтъ; онъ соединенъ непосредственно съ первичной обмоткой трансформатора, вторичная обмотка котораго должна имѣть емкость, равную максимуму силы прибора, предназначеннаго для вывѣрки, затѣмъ онъ соединяетъ параллельно приборъ—эталонъ и вывѣряемый приборъ, такимъ образомъ чтобъ привести ихъ въ короткое замыканіе со вторичной обмоткой трансформатора, употребляя для этихъ соединеній короткія и толстыя проволоки. Такимъ образомъ является возможность получать какую угодно силу, мѣняя поле возбужденія маленькаго генератора начиная съ самаго низкаго. Вслѣдствіе того, что единственнымъ сопротивленіемъ вторичной цѣпи является сопротивленіе вторичной обмотки и прибора, поглощаемая энергія весьма слаба. Когда не имѣется въ распоряженіи маленькій генераторъ, дающій желаемое напряженіе, то вторичную обмотку нѣкотораго другого трансформатора соединяютъ съ первичной перваго трансформатора посредствомъ регулирующаго сопротивленія, введеннаго параллельно между двумя трансформаторами.

Примѣненіе электричества къ движенію судовъ. Въ американскомъ журналѣ „The Electrical World" описывается примѣненіе электричества къ движенію винтовыхъ паромовъ. Вслѣдствіе самаго вида ихъ службы паромы утилизируютъ слишкомъ мало энергіи происходящей отъ сожиганія угля въ топкахъ ихъ котловъ: продолжительность движенія мала, а остановки относительно продолжительны; паровые котлы и машины должны обладать большой мощностью для возможности полученія значительной скорости, которая кромѣ того бываетъ необходима иногда не на весь переходъ, а только на часть его. Употребленіе электродвигателей, питаемыхъ частью динамомашиной, частью аккумуляторами, которые могутъ заряжаться во время остановки парома, — позволяетъ очевидно уменьшить мощность паровыхъ котловъ и машинъ и кромѣ того позволяетъ работать имъ постоянно при полной нагрузкѣ, т. е. въ наиболѣе благопріятныхъ экономическихъ условіяхъ. Такъ паромъ среднихъ размѣровъ, дѣйствующій въ продолженіе 5 минутъ съ такой же остановкой и требующій мощность въ 1500 лошад. силъ для обезпеченія достаточной скорости, — можетъ обладать только паровой машиной въ 750 лош. силъ, приводящей въ движеніе динамо въ 600 киловаттъ и батарей аккумуляторовъ въ 1000 киловаттъ—часовъ емкостью, служащей въ помощь динамо при большой скорости хода для приведенія въ движеніе двигателя въ 1200 киловаттъ, вертящаго винтъ парома. На дѣлѣ часть получаемой такимъ образомъ экономіи поглощается потерями, происходящими отъ многократнаго преобразованія энергіи и вслѣдствіе погашенія капитала, затраченнаго на оборудованіе, который въ данномъ случаѣ является болѣе значительнымъ.

Но кромѣ экономіи, такое примѣненіе электричества является еще удобнымъ по двумъ причинамъ. Во-первыхъ, рулевой или управляющій судномъ можетъ самъ непосредственно управлять двигателемъ, не передавая приказаній машинисту, которыя всегда могутъ быть искажаемы и для приведенія которыхъ въ исполненіе во всякомъ случаѣ необходимъ нѣкоторый промежутокъ времени. Во-вторыхъ, является возможность расположить машины такимъ образомъ, чтобы избѣгнуть или во всякомъ случаѣ значительно уменьшить сотрясенія и слѣдовательно увеличить продолжительность службы судна. Наконецъ, эта система хорошо примѣняется при употребленіи газовыхъ двигателей, которые кромѣ того что требуютъ немного мѣста, также и потребляютъ меньше угля, чѣмъ паровыя машины, въ особенности машины, употребляемыя на паровыхъ паромахъ; машины не могутъ примѣняться экономично на паромахъ какъ это показалъ опытъ, вслѣдствіе перерывовъ хода и сравнительно долгаго времени, потребнаго на нагрѣванія цилиндровъ до температуры, необходимой для правильнаго хода этихъ машинъ, охлаждающихся во время остановки.

Электрическая тяга въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки. Въ американскомъ журналѣ „Street Railway Journal" помѣщены интересныя статистическія данныя касательно числа поѣздокъ на электрическомъ трамваѣ на одного жителя. Онъ разсматриваетъ города съ населеніемъ отъ 20 до 40 тысячъ человѣкъ и приводитъ нижеслѣдующія цифры:

Города.	Количество населенія въ 1890 году.	Количество пассажировъ.	Среднее количество поѣздокъ на кажд. жител.
Эри	40634	5433565	134
Гаррисбургъ	39385	6506517	165
Бингамптонъ	35005	3381652	96
Юкерсъ	32033	2062085	64
Ланкастеръ	32011	2705556	84
Эльмира	30893	2665505	86
ЛонгъИслэндъСити	30506	7086017	232
Альтона	30337	3132518	103
Обернъ	25858	977877	38
Глочестеръ	24651	2393956	97
Ньюборгъ	23087	1640000	71
Кольсоусъ	22509	541667	24
Пуфкипси	22207	1829022	82
Фичбургъ	22037	2148723	98
Озьювего	21842	542026	25
Кингстонъ	21261	1527327	71
Іоркъ	30793	1175421	57
Честеръ	20226	4485282	222

Изъ этой таблички видно, что наибольшее среднее количество поѣздокъ на одного жителя приходится не на наиболѣе населенные города; такъ какъ городами съ наибольшими количествами поѣздокъ на одного жителя являются Честеръ съ населеніемъ въ 20226 человѣкъ и Лонгъ Исландъ Сити съ 30506 жителями.

Редакторъ А. И. Смирновъ.