

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

О новомъ методѣ измѣреній величинъ переменнаго тока.

Статья А. Круковского.

Мощное развитіе электротехники со всѣми ея многочисленными примѣненіями въ послѣднее время вызвало цѣлый рядъ новыхъ изобрѣтеній и усовершенствованій электрическихъ измѣреній. Область постоянного тока является въ этомъ отношеніи наиболѣе счастливой: какъ измѣрительные аппараты, такъ и методы измѣреній не оставляютъ желать ничего лучшаго; послѣдняго, однако, нельзя сказать о измѣреніяхъ переменнаго тока. Свообразныя и, сравнительно съ постояннымъ токомъ, сложныя явленія въ цѣпяхъ переменнаго тока значительно усложняютъ задачу конструктора измѣрительныхъ аппаратовъ и понижаютъ надежность ихъ показаній. Изъ громаднаго числа существующихъ конструкцій, едвали можно найти хоть одну удовлетворяющую всѣмъ основнымъ требованіямъ, предъявляемымъ къ нормальнымъ измѣрительнымъ приборамъ, а именно, постоянству шкалы и независимости ея отъ числа періодовъ и сдвига фазъ. Тепловые аппараты*) лучше другихъ удовлетворяютъ двумъ послѣднимъ условіямъ, но не удовлетворяютъ первому. Приборы, построенные по принципу электродинамометровъ (В. Веберъ), являясь съ точки зрѣнія теоріи цѣлесообразными, въ послѣднее время получили весьма удобную для пользованія формы и, при обычныхъ въ технику числахъ періодовъ, вполне удовлетворяютъ требованіямъ практики. При точныхъ измѣреніяхъ неблагоприятнымъ моментомъ является наличность пружинъ, исключаящая возможность устанавливать для приборовъ «постоянныя», не прибѣгая къ обходнымъ методамъ. Если не считать бифилярнаго подвѣшиванія, имѣющаго примѣненіе лишь при абсолютныхъ измѣреніяхъ, приходится признать, что до сихъ поръ нѣтъ измѣрительнаго инструмента для переменныхъ токовъ, удовлетворяющаго всѣмъ требованіямъ, предъявляемымъ къ нормальнымъ инструментамъ.

*) Напримѣръ, гальванометръ Фризе, вольтметръ Кардью, тепловые измѣрительные аппараты фирмы Фартмана и Брауна и т. п.

Предметомъ настоящей статьи является описаніе новаго метода, могущаго быть положеннымъ въ основу нормальныхъ измѣреній величинъ переменнаго тока. Компенсационный способъ, предложенный для нормальныхъ измѣреній постоянного тока Дюбуа-Реймономъ, нашель, сравнительно, большое примѣненіе въ современныхъ компенсационныхъ аппаратахъ, являющихся лучшими исходными измѣрительными приборами-эталономъ современныхъ лабораторій и заводовъ. Примѣненіе подобнаго метода компенсаціи къ цѣпямъ переменнаго тока не представляется возможнымъ, какъ въ силу особыхъ свойствъ переменныхъ токовъ, такъ и благодаря отсутствію эталоновъ электродвижущей силы (э. д. с.). Компенсація двухъ э. д. с. переменнаго тока въ данной цѣпи возможна лишь при одномъ и томъ же числѣ періодовъ и тождественныхъ кривыхъ э. д. с. Для доказательства послѣдняго положенія возьмемъ двѣ э. д. с. e_1 и e_2 и разложимъ ихъ въ рядъ Фурье; коэффициенты нѣкоторыхъ членовъ разложеній могутъ быть равны нулю. Мы имѣемъ:

$$e_1 = a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t + a_2 \sin 2\omega t + b_2 \cos 2\omega t + a_3 \sin 3\omega t + b_3 \cos 3\omega t + \dots \quad (1)$$

$$e_2 = \alpha_1 \sin \omega t + \beta_1 \cos \omega t + \alpha_2 \sin 2\omega t + \beta_2 \cos 2\omega t + \alpha_3 \sin 3\omega t + \beta_3 \cos 3\omega t + \dots \quad (2)$$

предположимъ, далѣе, что эффективныя величины э. д. с. e_1 и e_2 равны, т. е.:

$$\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e_1^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e_2^2 dt}.$$

Если начальныя точки кривыхъ э. д. с. отстоятъ другъ отъ друга на 180° , результирующая э. д. с. въ каждый данный моментъ: $e = e_1 - e_2$. Эффективная величина результирующаго напряженія e_{eff} опредѣлится изъ уравненія:

$$e_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (e_1 - e_2)^2 dt} = \sqrt{\frac{2}{T} \left(\int_0^T e_1^2 dt - \int_0^T e_1 e_2 dt \right)} \quad (3)$$

разсматривая послѣднее уравненіе, мы видимъ, что $e_{\text{eff}} \geq 0$.

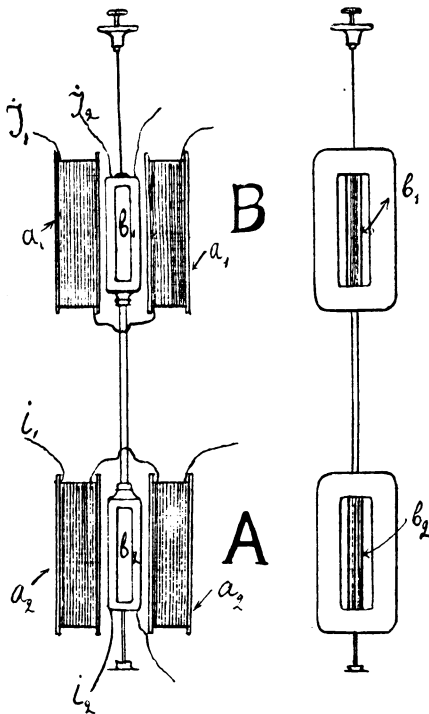
Для большей ясности, подставимъ въ уравнение (3) величины e_1 и e_2 изъ уравнений (1) и (2); легко доказать, что величина e_{eff} будетъ равна:

$$e_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ (a_1 - \alpha_1)^2 + (b_1 - \beta_1)^2 + (a_2 - \alpha_2)^2 + \right. \\ \left. + (b_2 - \beta_2)^2 + (a - \alpha)^2 + \dots \right\}} = \\ = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (e_1 - e_2)^2 dt} \dots (4)$$

Послѣдній интеграль равенъ нулю лишь при условіи:

$$a_1 = \alpha_1, a_2 = \alpha_2, b_1 = \beta_1, b_2 = \beta_2 \text{ и т. д.}$$

Условия, необходимыя для полной компенсаціи двухъ э. д. с., исключаютъ всякую возмож-



Фиг. 1.

ность непосредственной компенсаціи переменныхъ токовъ, даже и при наличности эталонныхъ э. д. с. Въ основѣ предлагаемаго нами метода лежитъ слѣдующее: предположимъ мы имѣемъ (фиг. 1) двѣ другъ отъ друга независимыя (электрически) системы электродинамометровъ, подвижныя части которыхъ механически связаны между собой, и при томъ такъ, что вращеніе рамки b_1 вызываетъ соответственное вращеніе рамки b_2 . Пусть a_1 и a_2 — соответствующія основныя катушки нашихъ электродинамометровъ. Предположимъ, что переменные токи i_1 и i_2 подведены къ системѣ А, и пусть черезъ систему В идутъ постоянные токи J_1 и J_2 . Предположимъ, далѣе, что включеніе прибора вы-

полнено такимъ образомъ, что крутящіе моменты системъ А и В дѣйствуютъ противоположно другъ другу. Регулируя постоянные токи, мы можемъ привести подвижныя катушки въ равновѣсіе при ихъ нормальномъ положеніи. При этомъ среднія плоскости катушекъ a_1 и b_1 и соответственно a_2 и b_2 взаимно перпендикулярны. Переходя къ выводу уравненій равновѣсія, предположимъ, для общности, что подвижныя катушки повернуты изъ ихъ основной плоскости на очень малый уголъ θ . Коэффициентъ взаимной индукціи при этомъ практически равенъ нулю*). Для крутящихъ моментовъ D_w , вызываемыхъ системой А съ переменными токами i_1 и i_2 , можно дать слѣдующее выраженіе:

$$D_w = C_w \cdot \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt \dots (5)$$

гдѣ T продолжительность періода переменнаго тока, а C_w постоянная, для системы съ постоянными токами:

$$D_g = C_g \cdot J_1 \cdot J_2 \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \dots$$

гдѣ C_g постоянная. Уравненіе равновѣсія, очевидно, будетъ:

$$D_w = D_g \pm (d + a\theta),$$

гдѣ d моментъ тренія системы, а $a \cdot \theta$ моментъ крученія подвѣса; знакъ $+$ передъ биномомъ имѣетъ мѣсто въ случаѣ $D_w > D_g$, знакъ $-$ въ обратномъ случаѣ. Съ помощью уравненій (5) и (6), найдемъ:

$$C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \frac{1}{T} \int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt = \\ = C_g \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) J_1 \cdot J_2 \pm (d + a\theta) \dots$$

Предположимъ, далѣе, что при неизмѣнныхъ токахъ i_1 и i_2 , система была въ равновѣсіи въ случаяхъ праваго и лѣваго закручиванія на одинъ и тотъ же уголъ, найдемъ:

$$D_w = \frac{1}{2} (D_g + D'_g),$$

гдѣ D_g и D'_g соответствуютъ токамъ $J_1 J_2$ и $J'_1 J'_2$ тогда:

$$C_w \frac{1}{T} \int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt = C_g \cdot \frac{J_1 \cdot J_2 + J'_1 \cdot J'_2}{2} \dots$$

такимъ образомъ можетъ быть исключено вліяніе тренія и крученія нити.

Необходимо замѣтить, что въ основѣ нашихъ выводовъ сдѣлано молчаливое допущеніе о независимости модуля Юнга отъ направленія вѣ-

) Для исключенія вліянія земнаго магнетизма система В можетъ быть выполнена астатически какъ это, напримѣръ, имѣетъ мѣсто въ динамометрическихъ вольтметрахъ фирмы Сименсъ и Гальс

шения системы, что при малых углах кручения всегда имѣет мѣсто, далѣе, въ нѣкоторыхъ случаяхъ надо принимать во вниманіе механическія сопротивленія, вызываемыя подводными проводами, питающими подвижныя катушки.

Изъ послѣдняго уравненія (8) видно, что величина интеграла $\int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt$ можетъ быть

выражена въ функціи силъ токовъ J_1 и J_2 и постоянныхъ C_g и C_w . Въ противоположность «постояннымъ» современныхъ измѣрительныхъ приборовъ переменнаго тока, указанныя величины постоянныхъ C_g и C_w зависятъ лишь отъ размѣровъ прибора и отъ взаимнаго расположенія его частей, и могутъ съ любой точностью быть вычислены по размѣрамъ элементовъ прибора *). Отсутствіе пружины или другого подобнаго приспособленія, служащаго для уравновѣшиванія момента вращенія, является весьма существеннымъ, ибо даетъ возможность примѣнять приборъ для самыхъ точныхъ измѣреній и, что всего важнѣе, производить съ нимъ абсолютныя (C. G. S.) измѣренія. Абсолютныя измѣренія переменныхъ токовъ, представляющія до сихъ поръ большія затрудненія экспериментальнаго характера, при этомъ могутъ быть сведены къ таковымъ постояннаго тока, наиболѣе разработаннымъ, какъ по методамъ, такъ и по ихъ точности. Въ случаѣ примѣненія нормальныхъ элементовъ (Латимеръ-Кларкъ, Вестонъ и др.), включенныхъ въ цѣпь системы постояннаго тока, описываемый аппаратъ позволяетъ компенсировать переменныя токи съ той же точностью, какъ это имѣетъ мѣсто въ обыкновенныхъ компенсационныхъ аппаратахъ постояннаго тока, основанныхъ на принципѣ Дюбуа-Реймона. Относительно точности измѣреній съ помощью указаннаго метода, можно сказать, что она повышается, какъ и въ электродинамометрахъ съ увеличеніемъ измѣряемаго момента $\frac{C_w}{T} \int_0^T i_1 i_2 dt$, но

въ большей степени благодаря системѣ нулевого отсчета, исключающаго необходимость дѣлать поправки на шкалы и т. п. Максимальная ошибка нулевого метода (соотвѣт. чувствительность) определяется величиной крутящаго момента необходимаго для преодоленія тренія и другихъ вредныхъ сопротивленій. Чувствительность аппаратовъ можетъ быть увеличиваема съ помощью методовъ, примѣняемыхъ для повышенія чувствительности гальванометровъ. Въ общемъ, аппаратъ можетъ быть названъ компенсационнымъ приборомъ для переменныхъ токовъ. Основные параметры, могущіе быть измѣряемы съ помо-

щью аппарата, суть: мощность, сила тока, разность потенциаловъ и разность фазъ.

Разберемъ примѣненіе прибора во всѣхъ этихъ случаяхъ.

I. Измѣреніе мощности переменныхъ токовъ.

Возьмемъ основное уравненіе:

$$C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt = C_g \cdot J_1 \cdot J_2 \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \pm (d + a\theta);$$

предположимъ, что катушки включены послѣдовательно, т. е. $J_1 = J_2 = J$, мы имѣемъ:

$$D_w = C_w \cdot \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \frac{1}{T} \int_0^T i_1 \cdot i_2 \cdot dt = C_w \cdot \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) i_{eff} \frac{e_{eff}}{r} \cdot \cos(\varphi - \varphi') \cos \varphi'$$

$$W = e_{eff} \cdot i_{eff} \cos \varphi \text{ и}$$

$$W = \frac{D_w \cdot r}{C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi' \cos(\varphi - \varphi')} \dots (9)$$

такимъ образомъ, мощность переменнаго тока можетъ быть съ большою точностью представлена уравненіемъ:

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T e \cdot i \cdot dt = \frac{D_w}{C_w} \cdot r \cdot \frac{1}{(1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi') \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)} \dots (10)$$

гдѣ r омическое сопротивленіе цѣпи содержащей подвижную катушку, φ —уголъ сдвига фазъ тока и разности потенциаловъ въ главной цѣпи, и φ' —уголъ сдвига фазъ тока и напряженія въ цѣпи съ подвижной катушкой. Далѣе, мы имѣемъ:

$$W = \frac{r}{C_w} \cdot \frac{1}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi'} \left(J^2 \cdot C_g \pm \frac{d + a\theta}{1 - \frac{\theta^2}{2}} \right) (11)$$

или

$$W = \frac{r}{C_w} \cdot \frac{C_g}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi'} \left(J^2 \pm \frac{d + a\theta}{C_g \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)} \right) (12)$$

поправочный множитель

$$\frac{1}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi'}$$

представляетъ упрощенное выраженіе точной формулы данной проф. Веберомъ для ваттметровъ, а именно:

$$\frac{1}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi'} \approx \frac{1 + \tan^2 \varphi'}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \varphi'} \cdot \left(1 + \frac{E_3 \cdot J_3 \cdot \cos \varphi_3}{E_1 \cdot J_1 \cdot \cos \varphi_1} + \frac{E_5 \cdot J_5 \cdot \cos \varphi_5}{E_1 \cdot J_1 \cdot \cos \varphi_1} + \dots \right) \cdot \left(1 + \frac{E_3 \cdot J_3 \cdot \cos \varphi_3 \cdot \cos^2 \varphi_3'}{E_1 \cdot J_1 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos^2 \varphi_1'} + \frac{1 + \tan \varphi_3 \cdot \tan \varphi_3'}{1 + \tan \varphi_1 \cdot \tan \varphi_1'} + \dots \right)$$

*) Какъ показываютъ опыты, произведенныя въ Мюнхенскомъ политехникумѣ г. Фишеромъ надъ приборами, построенными имъ по описываемому принципу, вычисленныя величины постоянныхъ приборовъ не отличаются отъ найденныхъ изъ опыта болѣе чѣмъ на 0,01%.

имѣющей лишь теоретическій интерес *). Формула (12) вполне применима для измѣреній мощности переменныхъ токовъ любой частоты и формы. Въ случаѣ применения нормальныхъ элементовъ э. д. с. e_n вольтъ, мы имѣемъ:

$$J = \frac{e_n}{R},$$

гдѣ R соответствующее сопротивление цѣпи, содержащей элементъ; мы имѣемъ:

$$W = r \cdot \frac{C_g}{C_w} \cdot \frac{I}{1 + \tan\varphi \cdot \tan\varphi'} \cdot \left(\frac{e_n^2}{R^2} \pm \frac{d + a\theta}{C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)} \right) \quad (13)$$

примѣняя послѣднее уравненіе для случаевъ праваго и лѣваго вращеній на одинъ и тотъ же уголъ θ , найдемъ:

$$W = \frac{r}{2} \cdot \frac{C_g}{C_w} \cdot \frac{w_n^2}{1 + \tan\varphi \cdot \tan\varphi'} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) = A \cdot r \cdot \left(\frac{e_n}{R_1 \cdot R_2} \right)^2 \cdot \frac{R_1^2 + R_2^2}{1 + \tan\varphi \cdot \tan\varphi'} \quad (14)$$

гдѣ A постоянная прибора. При нѣкоторыхъ включеніяхъ, для полученія истинной величины мощности необходима еще поправка на мощность W^0 , поглощаемую самимъ приборомъ. Последняя определяется изъ уравненія:

$$W^0 = e^2_{eff} \cdot \frac{1}{r}.$$

2. Измѣреніе силы тока.

Предположимъ, что катушки a_2 и b_2 включены послѣдовательно, т. е.: $i_1 = i_2 = i$ и соответственно: $J_1 = J_2 = J$; аналогично прежнему, найдемъ:

$$\left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) \cdot C_w \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i^2 \cdot dt = C_g \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right) J^2 = \pm (d + a\theta) \quad (15)$$

знакъ передъ биномомъ зависитъ отъ направленія вращенія подвижной системы. Изъ уравненія (15) найдемъ:

$$i_{eff} = \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \cdot J^2 \pm \frac{d + a \cdot \theta}{C_w \cdot \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)}} \quad (16)$$

Примѣняя послѣднее уравненіе для случаевъ праваго и лѣваго вращеній на одинъ и тотъ же уголъ θ , получимъ:

$$i_{eff} = \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \left(\frac{J_1^2 + J_2^2}{2} \right)} \quad (17)$$

гдѣ J_1 и J_2 соответствующія значенія силы тока. Въ случаѣ применения нормального элемента, аналогично прежнему найдемъ:

$$i_{eff} = \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \left(\frac{e_n}{R} \right)^2 \pm \frac{d + a\theta}{C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)}} = \frac{e_n}{R_1 \cdot R_2} \cdot \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \left(\frac{R_1^2 + R_2^2}{2} \right)}$$

или, введя для величины R нѣкоторое среднее значеніе R_m :

$$i_{eff} = A \cdot \frac{e_n}{R_m}, \quad \text{гдѣ } A = \sqrt{\frac{C_g}{C_w}} = \text{пост.}$$

3. Измѣреніе разности потенциаловъ.

Измѣреніе разности потенциаловъ сводится къ измѣренію силы тока; дѣйствительно, мы имѣемъ общее выраженіе:

$$e_{eff} = i_{eff} \cdot \sqrt{r_0^2 + (L\omega)^2} \quad (18)$$

гдѣ r_0 полное омическое сопротивление системы A , считая и включенное сопротивление, а L коэффициентъ самоиндукціи. Аналогично прежнему, найдемъ:

$$e_{eff} = \sqrt{\left(\frac{e_n^2}{R^2} \cdot \frac{C_g}{C_w} \pm \frac{d + a\theta}{C_w \left(1 - \frac{\theta^2}{2}\right)} \right) \cdot \left(r_0^2 + (L\omega)^2 \right)} \quad (19)$$

При обычныхъ въ практикѣ частотахъ, величиной $L\omega$ можно пренебречь и мы получимъ слѣдующее упрощенное выраженіе:

$$*) \quad e_{eff} \approx \frac{e_n \cdot r_0}{R_1 \cdot R_2} \cdot \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \cdot \left(\frac{R_1^2 + R_2^2}{2} \right)} \quad (20)$$

или для нѣкотораго средняго значенія R_m , обозначивъ $\sqrt{\frac{C_g}{C_w}} = A$, найдемъ окончательно:

$$e_{eff} = A \cdot \frac{e_n \cdot r_0}{R_m} \quad (21)$$

4. Измѣреніе разности фазъ.

Измѣреніе разности фазъ, коэффициента мощности и т. п., въ случаѣ точныхъ опредѣленій, требуетъ, обыкновенно, нѣсколько отсчетовъ и, нерѣдко, нѣсколько инструментовъ. Съ помощью предлагаемаго метода измѣреніе разности фазъ сводится къ двумъ наблюденіямъ и можетъ быть выполнено, не прибѣгая къ источникамъ постоянного тока. Въ этомъ случаѣ (фиг. 2) включеніе аппарата должно быть выполнено слѣдующимъ образомъ: пусть aa и a_1a_1 подвижныя катушки и bb и b_1b_1 неподвижныя, AB —сопротивленіе, величина котораго r и коэффициентъ самоиндукціи l . Пусть, далѣе, ρ и λ , ρ_1 , ρ_2 и l

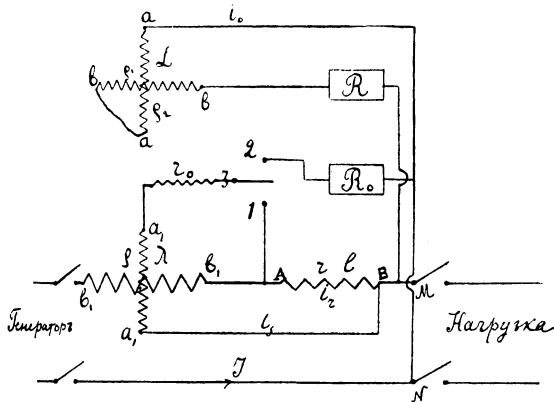
*) Сравн. Prof. H. F. Weber. Officieller Bericht ueber die Frankfurter Ausstellung 1891.

*) R_1 и R_2 соответствують правому и лѣвому вращеніямъ на уголъ θ .

соответствующие значения омических сопротивлений и коэффициентов самоиндукции катушек $a_1 a_1$ и $a a, b b$. Пусть, далее, R и R_0 безиндукционные сопротивления, величины которых могут быть регулируемы. Введем нижеследующия обозначения:

$$\rho + r_0 = R_g \text{ и } \rho_1 + \rho_2 + R = R_w$$

e — разность потенциалов точек M и N . Какъ видно изъ чертежа, зажимъ 3 можетъ быть соединенъ по желанію съ зажимами 2 и 1. Способъ включенія прибора въ цѣпь ясно виденъ изъ чертежа и не нуждается въ поясненіяхъ.



Фиг. 2.

Переходимъ къ выводу основныхъ уравненій. Пусть присоединенъ зажимъ 1 и система, путемъ регулированія сопротивленія, приведена въ равновѣсіе въ положеніи отстоящемъ отъ нормальнаго на очень малый уголъ θ_1 . Уравненіе равновѣсія будетъ:

$$C_g \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_0^2 \cdot dt = C_w \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) \cdot \frac{1}{T} \int_0^T J i_s \cdot dt \pm (d + a \cdot \theta_1) \dots (22)$$

Примемъ, далее, что коэффициенты самоиндукціи l и λ удовлетворяютъ уравненію:

$$\frac{l}{r} = \frac{\lambda}{\rho + r_0} = \frac{\lambda}{R_g}$$

что всегда легко можетъ быть достигнуто; тогда:

$$i_s = \frac{J \cdot r}{r + R_g}^*$$

*) Справедливость послѣдняго уравненія легко можетъ быть доказана слѣдующимъ образомъ. Возьмемъ двѣ параллельно включенныя цѣпи, омическія сопротивленія которыхъ: r и R_g , а коэффициенты самоиндукціи l и λ . Разность потенциаловъ Δ и токи i_r и i_s удовлетворяютъ уравненію:

$$i_r \cdot r + l \cdot \frac{di_r}{dt} = \Delta = i_s R_g + \lambda \frac{di_s}{dt}$$

пусть, далее:

$$\frac{\lambda}{l} = \frac{R_g}{r} = m$$

и уравненіе (22) приметъ видъ:

$$C_g i_0^2 \text{ eff} \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) = C_w \cdot \frac{r}{r + R_g} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T J^2 \cdot dt \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) \pm (d + a \theta_1)$$

или:

$$C_g i_0^2 \text{ eff} \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) = C_w \cdot \frac{r}{r + R_g} J_2 \text{ eff} \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{2}\right) \pm (d + a \theta_1) \dots (23)$$

Примѣняя послѣднее уравненіе къ случаямъ праваго и лѣваго вращеній на уголъ θ_1 , и взявъ среднее значеніе для R_w , найдемъ:

$$C_g \frac{e^3 \text{ eff}}{R_w^2 + (L\omega)^2} = \frac{C_w \cdot r}{r + R_g} \cdot J_2 \text{ eff}^2$$

или окончательно:

$$\frac{e \text{ eff}}{J_2 \text{ eff}} = \sqrt{\frac{C_w}{C_g} \cdot \frac{r}{r + R_g} \cdot (R_w^2 + (L\omega)^2)} \dots (25)$$

Въ случаѣ присоединенія зажима 2, уравненіе равновѣсія приметъ форму:

$$C_g \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_0^2 \cdot dt \cdot \left(1 - \frac{\theta_2^2}{2}\right) = C_w \cdot \frac{1}{T} \int_0^T J \cdot i_s \cdot dt \cdot \left(1 - \frac{\theta_2^2}{2}\right) \pm (d + a \theta_2) \dots (26)$$

или, полагая $r_0 + R_0 = R'_g$, найдемъ:

$$C_g \cdot i_0^2 \text{ eff} \cdot \left(1 - \frac{\theta_2^2}{2}\right) = C_w \cdot J_2 \text{ eff} \cdot \frac{e \text{ eff}}{\rho + R'_g} \cdot \cos(\varphi - \varphi') \cdot \cos \varphi' \cdot \left(1 - \frac{\theta_2^2}{2}\right) \pm (d + a \theta_2) \dots (27)$$

гдѣ φ — уголъ сдвига фазы тока J по отношенію къ напряженію e а уголъ φ' опредѣляется изъ уравненія:

$$\varphi' = \arctan \left(\frac{\lambda \omega}{\rho + R'_g} \right)$$

Примѣняя послѣднее уравненіе къ случаямъ праваго и лѣваго вращеній на уголъ θ_2 и придавая R_w нѣкоторое среднее значеніе R'_w , найдемъ:

$$\frac{e \text{ eff}}{R_w'^2 + (L\omega)^2} = \frac{C_w}{C_g} \cdot \frac{\cos(\varphi - \varphi') \cos \varphi'}{\rho + R'_g} J_2 \text{ eff}$$

или:

$$\frac{e \text{ eff}}{J_2 \text{ eff}} = \frac{C_w}{C_g} \cdot \frac{R_w'^2 + (L\omega)^2}{\rho + R'_g} \cos(\varphi - \varphi') \cos \varphi' \dots (28)$$

тогда:

$$(m \cdot i_s) \cdot r + l \frac{d(m i_s)}{dt} = \Delta$$

$$\text{т. е. } \frac{i_r}{i_s} = m = \frac{R_g}{r} \text{ и } i_s = \frac{J \cdot r}{r + R_g} \text{ и т. д.}$$

Изъ уравнений (25) и (28) имѣемъ:

$$\frac{C_w R'_w + (L\omega)^2}{C_g \rho + R'_g} \cos(\varphi - \varphi') \cdot \cos\varphi' = \sqrt{\frac{C_w}{C_g} \cdot \frac{r}{r + R_g} (R'_w + (L\omega)^2)} \quad (29)$$

откуда:

$$\cos(\varphi - \varphi') \cos\varphi' = \sqrt{\frac{C_g}{C_w} \cdot \frac{\rho + R'_g}{r + R_g} \cdot \sqrt{r}} \cdot \frac{\sqrt{R'_w + (L\omega)^2}}{\sqrt{R'_w + (L\omega)^2}} \quad (30)$$

полагая

$$\sqrt{\frac{C_g}{C_w}} = A_0 \text{ и } \frac{r}{r + R_g} = n^2$$

найдемъ:

$$\cos(\varphi - \varphi') \cdot \cos\varphi' = A_0 n (\rho + R'_g) \frac{\sqrt{R'_w + (L\omega)^2}}{\sqrt{R'_w + (L\omega)^2}}$$

практически, при обычныхъ въ техникѣ частотахъ:

$$\cos\varphi = A_0 n \cdot \frac{R_w}{R'_w} \cdot (\rho + R'_g).$$

Какъ отвлеченное число, $\cos\varphi$ не зависитъ отъ отъ абсолютныхъ значений R_w , ρ и R'_g , но лишь отъ ихъ отношеній.

Изъ вышеизложеннаго ясно видно, что всѣ основныя величины переменнаго тока съ помощью даннаго метода опредѣляются въ функціи постоянныхъ прибора, величинъ постояннаго тока и сопротивлений. Благодаря легко достигаемой высокой чувствительности прибора, отношение $\frac{R}{L}$ можетъ быть сдѣлано очень большимъ и, при обычныхъ въ техникѣ частотахъ, показанія его, практически, не зависятъ отъ послѣднихъ. Лишь при измѣреніяхъ токовъ высокой частоты является необходимость пользоваться точными формулами, что при ихъ простотѣ не представляетъ затрудненій.

А. Круковскій.

Теорія горѣнія азота въ электрическомъ пламени *),

Статья проф. Ф. Гюи (Pr. F. Gouy).

Въ 1784 году Кавендишъ сдѣлалъ наблюдение, что азотъ и кислородъ соединяются другъ съ другомъ подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ и образуютъ окислы азота, которые могутъ быть превра-

*) Въ нашемъ журналѣ уже было посвящено нѣсколько статей и замѣтокъ полученію азотной кислоты изъ воздуха при помощи электричества. Въ виду чрезвычайной важности вопроса мы считаемъ нелишнимъ ознакомить читателей также и съ теоріей этого вопроса и пользуемся для этого докладомъ, читаннымъ на послѣднемъ годовомъ съѣздѣ Швейцарскихъ Естествоиспытателей извѣстнымъ женеваскимъ профессоромъ Фил. Гюи.

щены химическимъ путемъ дальше въ азотистую и азотную кислоты или азотисто и азотнокислыя соли. Эта основная реакція представляетъ собой, какъ очень удачно выразился Круксъ, настоящее горѣние азота. Нужно, однако, замѣтить, что горѣние это протекаетъ очень медленно и лѣниво, что оно совершается лишь, пока дѣйствуетъ электрической разрядъ и прекращается, когда содержаніе въ газовой смѣси окиси азота достигаетъ извѣстнаго предѣла.

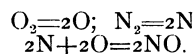
Въ теченіе послѣднихъ 10 лѣтъ процессъ горѣнія азота вновь тщательно изучается цѣлымъ рядомъ изслѣдователей, надѣющихся воспользоваться имъ для промышленнаго производства азотной кислоты изъ воздуха при помощи электричества.

Первое время часто получались противорѣчивые результаты. Казалось, что процессъ лично зависитъ отъ того, производится ли электрическая дуга постояннымъ токомъ или переменнымъ, коротка ли она или длинна. Одни совѣтовали пользоваться слабыми токами, другіе—сильными. Одни утверждали, что присутствіе влажности въ газовой смѣси оказываетъ благоприятное дѣйствіе на реакцію, другіе считали влажность вредной. Даже форма электродовъ играла важную роль, такъ что здѣсь, казалось, приходилось считаться съ какими-то таинственными законами и измѣнчивыми факторами, совершенно отличными отъ тѣхъ, какіе были извѣстны для другихъ, аналогичныхъ процессовъ.

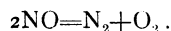
Въ настоящее время роль такихъ побочных факторовъ можетъ считаться выясненной, и тщательное изученіе предмета показало, что и горѣние азота въ электрическомъ пламени подчиняется извѣстнымъ законамъ химической механики, хотя эти законы иногда биваютъ здѣсь нѣсколько скрыты. Изслѣдованіе процесса съ точки зрѣнія химической механики не только интересно теоретически, но даетъ также важныя указанія для практическаго осуществленія реакцій. Я начну съ разсмотрѣнія важнѣйшихъ химическихъ реакцій, совершающихся при проскакиваніи электрическихъ разрядовъ чрезъ воздухъ. При этомъ существенно важны три фактора: начальная реакція, температура и обратимость реакцій.

I. Начальная реакція.

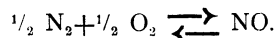
При высокой температурѣ дуговыхъ электрическихъ разрядовъ частицы кислорода и азота распадаются на свои атомы, соединяющіеся между собой въ частицы окиси азота NO:



Нѣкоторые авторы думали, что при этомъ образуется также непосредственно двуокись азота NO₂. Съ этимъ взглядомъ нельзя, однако, согласиться, такъ какъ опыты Ричардсона показываютъ, что двуокись азота разлагается цѣлкомъ на окись и кислородъ уже при температурѣ 500—600°, т. е. гораздо болѣе низкой, чѣмъ та, какая имѣется въ электрической дугѣ. Но, подобно большинству химическихъ реакцій между газами, образование окиси азота изъ азота и кислорода зависитъ отъ температуры, давления и состава газовой смѣси. Реакція прекращается послѣ того, какъ содержаніе окиси азота достигло извѣстнаго предѣла. Прекращеніе это обусловливается обратной реакціей, т. е. распаденіемъ окиси азота на свои элементы:

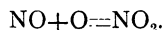


Предѣлъ превращенія достигнуть, когда въ обѣихъ реакціяхъ въ одно и то же время принимаетъ участіе одно и то же число частицъ; другими словами, выражаясь терминоомъ современной химической механики, горѣние азота въ атмосферномъ воздухѣ представляетъ собой обратимую реакцію



Опредѣлить предѣльное содержаніе окиси азота

практически довольно трудно, такъ какъ она въ присутствіи избытка кислорода—всегда имѣется на лицо и при температурѣ 500—600° быстро превращается въ перекись:



II. Температу́ра. Предѣлъ, котораго можетъ достигнуть содержаніе окиси азота, при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, тѣмъ выше, чѣмъ выше температура реакціи. Такъ, Нернстъ нашелъ слѣдующія числа:

Температура (абсолютная).	% NO (въ объемахъ).
1811	0,37
2033	0,64
2195	0,97
3200	5,0

Чѣмъ выше температура, тѣмъ также скорѣй достигается отвѣчающее предѣлу равновѣсіе. Такъ Нернстъ нашелъ, что содержаніе окиси азота достигаетъ половины предѣльнаго: при 1540°—по истеченіи 100 секундъ, при 1737°—по истеченіи 3,5 сек.

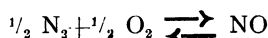
Изъ этого слѣдуетъ, что вдвойнѣ выгодно производить сжиганіе азота при возможно высокой температурѣ: этимъ, съ одной стороны, достигается большая степень обогащенія реакціонной смѣси окисью азота, съ другой—чрезвычайно ускоряется ходъ процесса. Нельзя, правда, упускать изъ виду, что работа при очень высокихъ температурахъ имѣетъ и своихъ слабыя стороны. Въ особенности важно здѣсь, что чѣмъ выше температура, тѣмъ значительнѣй потери электрической энергіи, такъ какъ теплота электрической дуги тратится для нагреванія не только тѣхъ количествъ азота и кислорода, которыя собственно участвуютъ въ реакціи, но и всей избыточной массы газа. Однако, вообще говоря, эта излишняя затрата энергіи все же составляетъ меньше, чѣмъ тотъ выигрышъ, который получается благодаря лучшему выходу продукта и ускоренію процесса. Это слѣдуетъ также изъ наблюденій, сдѣланныхъ Габеромъ: 1 вт.-годъ (365 дней по 24 часа) даетъ теоретически

1850 кило HNO_3 при температурѣ дуги=4200°
819 " " " " " =3200°

Такимъ образомъ пониженіе температуры на 1000° влечетъ за собой уменьшеніе выхода на 50%.

III. О б р а щ е н і е р е а к ц и и. Параллельно образованію окиси азота при высокой температурѣ протекаетъ обратное распаденіе ея на кислородъ и азотъ при охлажденіи. Это является необходимымъ слѣдствіемъ законовъ химической механики въ примѣненіи къ обратимымъ реакціямъ.

Если, напримѣръ, основная реакція



протекаетъ при 3200° и достигаетъ отвѣчающаго этой температурѣ предѣльнаго содержанія 5% окиси, а затѣмъ смѣсь медленно охлаждается до 2200°, то равновѣсіе передвинется въ сторону этой болѣе низкой температуры, и содержаніе окиси азота падаетъ до 1%. Такимъ образомъ при охлажденіи на 1000° теряется 80% NO. Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что равновѣсіе устанавливается тѣмъ скорѣй, чѣмъ выше температура, но что также и обратная реакція при высокихъ температурахъ совершается быстрѣй, чѣмъ при низкихъ. Изъ этого же въ свою очередь слѣдуетъ, что опаснѣйшими температурами для обращенія реакціи являются тѣ, которыя ближе всего къ температурѣ образованія. Поэтому необходимо газовую смѣсь, послѣ того какъ она нагрѣлась пламенемъ дуги и обогатилась окисью азота, охладить возможно быстро до такой температуры, при которой скорость обратной реакціи практически равна

нулю. Эта задача облегчается тѣмъ обстоятельствомъ, что окись азота при температурахъ ниже 600° соединяется съ избыткомъ кислорода, образуя перекись NO_2 , которая ускользаетъ отъ обратнаго разложенія.

Практически быстрого охлажденія горячей газовой смѣси достигали прежде тѣмъ, что возможно быстро выводили ее изъ области вольтовой дуги. Въ настоящее время предпочитаютъ пользоваться электрическими или механическими приспособленіями, помощью которыхъ дуга прерывается нѣсколько тысячъ разъ въ секунду или же производится попеременно въ различныхъ точкахъ реакціоннаго пространства. При этомъ та часть газовой смѣси, которая только-что была нагрѣта дугой, такъ быстро охлаждается окружающимъ воздухомъ, что обратная реакція, если и не вполне уничтожается, то все же значительно подавляется.

Такимъ образомъ, теоретически процессъ сжиганія азота долженъ вестись при соблюденіи слѣдующихъ двухъ условій: 1) горѣніе при возможно высокой температурѣ для повышенія выхода и скорости реакціи; 2) возможно быстрое охлажденіе газовой смѣси во избѣжаніе обратной реакціи.

Газовая смѣсь, выступающая изъ аппаратовъ, въ которыхъ воздухъ подвергался дѣйствію вольтовой дуги, содержитъ въ среднемъ 1—2% NO и должна быть дальше подвергнута химическимъ реакціямъ для превращенія окиси азота въ азотисто или азотнокислыя соли. Такъ какъ эти реакціи носятъ чисто химическій, а не электрический характеръ, то мы укажемъ лишь ихъ принципъ, хотя практическое осуществленіе ихъ также связано съ извѣстными трудностями. Трудности обуславливаются здѣсь тѣмъ, что приходится пропускать черезъ аппараты смѣсь съ окисью азота болѣе массы индифферентныхъ газовъ. При охлажденіи смѣси до 600—500° окись азота превращается, какъ уже было сказано, въ перекись NO_2 и азотистый ангидридъ N_2O_3 . При обработкѣ такой смѣси водой, известью или щелочами получаютъ или разбавленную азотную кислоту, или смѣсь азотисто и азотнокислыхъ солей.

Употребляется ли постоянный токъ или переменный, проводится ли воздухъ мимо быстро чередующихся электрическихъ разрядовъ или постоянно мѣняется мѣсто самого разряда, во всякомъ случаѣ электрическая дуга требуетъ для своего возникновенія болѣе высокаго напряженія, чѣмъ то, какое необходимо для поддержанія уже возникшей дуги. Изъ этого слѣдуетъ, что при работѣ постояннымъ токомъ непременно нужно включать между источникомъ электричества и аппаратомъ, въ которомъ производится реакція, довольно большое сопротивленіе, при употребленіи же переменнаго или трехфазнаго тока—одну или нѣсколько задерживающихъ катушекъ (Drosselspulen). Такимъ образомъ, въ самихъ генераторныхъ аппаратахъ используется всегда лишь часть электрической энергіи, а при расчетѣ электрическихъ установокъ всегда нужно считаться съ этимъ обстоятельствомъ.

Что касается практическихъ результатовъ производства азотной кислоты или ея солей при помощи электричества, то наиболѣе благоприятныя изъ опубликованныхъ до сихъ поръ чиселъ указываютъ 800—900 кило NO_2H на 1 квт.-годъ, измѣряя напряженіе у самой дуги. Принимая во вниманіе потери энергіи, изнашиваніе динамо, затрудненія при поглощеніи окиси азота и т. д., это количество можно уменьшить на половину и принять, что въ практикѣ 1 квт.-годъ даетъ около полу-тонны азотной кислоты. Считая, для большихъ установокъ, стоимость электрической энергіи=60 франковъ за 1 квт.-годъ, трата на энергію составитъ 12 франковъ со 100 кило азотной кислоты. Въ настоящее время 100 кило NO_2H стоятъ:

- 1) въ видѣ чистой крѣпкой кислоты 45 франковъ
- 2) въ видѣ селитры 35 " "

Изъ этихъ чиселъ слѣдуетъ, что при существующихъ цѣнахъ имѣется достаточный просторъ для электрическаго производства азотной кислоты и ея солей, конечно, при условіи, чтобы сама установка была не слишкомъ дорога. Въ настоящее время подобнаго рода опытъ производится въ широкихъ размѣрахъ въ Норвегіи съ энергіей 2000—3000 л. силъ.

Въ заключеніе слѣдуетъ указать на одно обстоятельство, которое можетъ имѣть важное значеніе для занимающаго насъ вопроса. Для производства „азотистой извести“ (см. „Электричество“ за 1904 годъ, „Утилизация атмосфернаго воздуха при помощи электричества“) требуется въ качествѣ исходнаго материала чистый, свободный отъ кислорода, азотъ, получавшійся до сихъ поръ обработкой воздуха такими легко окисляющимися веществами, какъ соли закиси желѣза, мѣдь и т. п. Недавно одинъ итальянскій заводъ построилъ съ этой же цѣлью установку для перегонки сжиженнаго воздуха, которая, какъ извѣстно, даетъ возможность въ значительной степени отдѣлить другъ отъ друга азотъ и кислородъ. Азотъ идетъ здѣсь на производство азотистой извести, кислородъ же пока не находитъ себѣ примѣненія. Вотъ этимъ кислородомъ можно съ выгодой пользоваться для электрическаго производства азотной кислоты, такъ какъ горѣніе азота въ кислородѣ совершается лучше, чѣмъ въ атмосферномъ воздухѣ, и такимъ образомъ производство азотистой извести въ электрической печи и производство азотной кислоты и ея солей сжиганіемъ азота въ электрическомъ пламени могутъ служить процессами, прекрасно дополняющими одинъ другой.

О Б З О Р Ъ.

Испытанія танталовыхъ лампъ. Профессоръ Веддингъ подвергъ всестороннему испытанію 25-свѣчную танталовую лампу, которая при 110 влт. потребляетъ 0,3625 амп., и слѣдовательно 39,82 влт. Вслѣдствіе симметричнаго расположенія накаливающейся нити, достаточно было произвести фотометрическія измѣренія лишь съ одной стороны. Веддингъ вращалъ лампу вокругъ ея горизонтальной оси отъ 5° къ 5° вправо и влево; въ то же время онъ дѣлалъ фотометрическія измѣренія и бралъ изъ соответственныхъ значеній нѣкоторое среднее. Изъ нихъ мы видимъ, что наибольшая сила свѣта приходится по горизонтали. Отношеніе освѣщенности по горизонтали къ освѣщенности ниже ея 0,875, средняя сферическая сила свѣта 19,3 свѣчей; другими словами, на свѣчу приходится 2,065 вт., если отнести ко всей шаровой поверхности, и 1,6 вт., если отнести лишь къ горизонтальной силѣ свѣта. Боллометрическія измѣренія показали, что степень полезнаго дѣйствія танталовой лампы равна $0,866 \times 10^{-2}$; значить, меньше 1% потребляемой энергіи превращается въ свѣтъ.

Для опредѣленія долговѣчности были сравнены четыре танталовыя лампочки по 25 свѣчей съ четырьмя обыкновенными лампочками накаливанія по 25 и 16 свѣчей. Какъ извѣстно, въ началѣ горѣнія сила свѣта немного повышается. Танталовыя лампы достигаютъ черезъ два часа максимумъ своей силы свѣта и послѣ 350 часовъ горѣнія приобретаютъ нормальную силу свѣта.

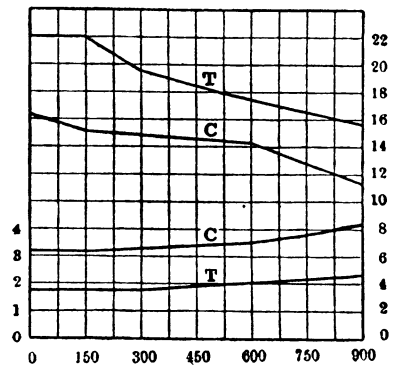
Послѣ 800—900 часовъ горѣнія лампочки накаливанія представляютъ предѣлъ ихъ полезнаго времени горѣнія, причемъ сила свѣта падаетъ на 20%; танталовыя же лампы лишь, въ среднемъ, послѣ 1000 часовъ горѣнія перегораютъ въ первый разъ. Свободные концы нитей тотчасъ же опять приходятъ въ соприкосновеніе, свариваются и лампа продолжаетъ горѣть дальше; другой разъ это перегораніе проходитъ совершенно незамѣтно. Часто происходитъ при

этомъ даже увеличеніе силы свѣта. Веддингъ заключаетъ изъ этого, что для танталовыхъ лампъ не можетъ быть рѣчи о полезномъ времени горѣнія; лампа горитъ такъ же хорошо, какъ и до перегоранія.

Въ среднемъ получилось время горѣнія въ 1866 часовъ, причемъ танталовыя лампы лишь немного утратили свою нормальную силу свѣта, лампы же накаливанія утратили половину своей первоначальной силы свѣта.

Что же касается промышленнаго сравненія танталовыхъ лампъ съ обыкновенными лампочками накаливанія, то Веддингъ получаетъ, что, при цѣнѣ свѣчи для первыхъ 4,8 и 0,6 для вторыхъ, при стоимости тока 20 копеекъ за квт.-часть, въ первые 270 часовъ, расходы на обыкновенную лампочку накаливанія будутъ меньше. Послѣ этого танталовый свѣтъ становится дешевле, если мы даже предположимъ, что послѣ перваго перегоранія лампы замѣняются новыми. Если же мы захотимъ обыкновенную 16-ти-свѣчную лампочку накаливанія замѣнить 25 свѣчной танталовой лампой, то лишь послѣ 1450 часовъ горѣнія танталовый свѣтъ станетъ дешевле обыкновеннаго.

Въ дополненіе къ опытамъ Веддинга мы приведемъ резюме работы Амблера, помѣщенной въ „The Electrician“ (Sept. 1905). Онъ дѣлалъ сравнительныя измѣренія надъ танталовой лампой въ 110 вольтъ и



Фиг. 3.

обыкновенной лампочкой накаливанія. Танталовая лампочка при 110 вольтъ поглощала 0,35 амперъ. Горизонтальная сила свѣта равнялась 22 Гирнеровскимъ свѣчамъ. Удельное потребленіе было 1,75 вт. на свѣчу. Средняя сила свѣта была 17,2 свѣчи, что соответствуетъ 2,23 вт. на свѣчу. Лампочка накаливанія въ 16 свѣчей дала 13,32 свѣчи наибольшей силы свѣта, т. е. удѣльное потребленіе было 3,72 вт. Авторъ проверилъ тотъ фактъ, что сопротивление танталовой нити возрастаетъ съ температурой, т. е. съ разностью потенциаловъ у зажимовъ: явленіе обратное тому, которое имѣетъ мѣсто въ лампочкахъ съ угольной нитью.

Дальѣ кривыя силы свѣта, дающія силы свѣта въ зависимости отъ разности потенциаловъ у зажимовъ, обнаруживающая сила свѣта при танталовыхъ нитяхъ возрастаетъ медленнѣе чѣмъ при угольныхъ. Увеличеніе напряженія на 5% даетъ въ угольной лампочкѣ уменьшеніе удѣльнаго потребленія съ 3,1 на 2,62 ватта.

Что касается долговѣчности лампъ, этотъ авторъ нашелъ, что послѣ 1000 часовъ горѣнія сила свѣта танталовой лампы упала съ 22 до 15,8 свѣчей, а удѣльное потребленіе увеличилось съ 1,75 до 2,4 вт. на свѣчу. Обѣ кривыя фиг. 3 показываютъ паденіе силы свѣта и увеличеніе удѣльнаго потребленія съ теченіемъ времени для танталовыхъ (Т) и угольныхъ (С) лампъ. Вообще цифры, полученные этимъ авторомъ въ отношеніи долговѣчности лампъ, значительно выше цифръ пр. Веддинга.

При сравнении экономичности авторъ предполагилъ долговѣчность всѣхъ трехъ лампъ: танталовой прозрачной и матовой, и лампочки съ угольной нитью—одинаковой, именно въ 500 часовъ. За удѣльное потребление было принято для А—1,86; для В—2,12 и для С—3,25 вт. на свѣчу. Онъ даетъ слѣдующую таблицу издержекъ по истеченіи 500 часовъ горѣнія при различной цѣнѣ тока.

Цѣна 1 квт.-часа въ копейкахъ	20 к.	10 к.	6,4 к.
Лампа А	5 р. 20 к.	3 р. 46 к.	2 р. 84 к.
„ В	5 р. 30 к.	3 р. 50 к.	2 р. 86 к.
„ С	5 р. 52 к.	2 р. 80 к.	1 р. 90 к.

Стоимость одной свѣчи въ копейкахъ въ теченіе 500 часовъ горѣнія будетъ тогда:

26,6	17,2	14
30	19,2	16
36	18,0	12,8

Въ заключеніе приведемъ еще результаты изслѣдованій Зенглера (The Electrician) надъ питаніемъ танталовыхъ лампъ переменнымъ токомъ. Оказывается, что при переменномъ токъ работа ихъ гораздо менѣе удовлетворительна, нежели при постоянномъ. Долговѣчность лампы значительно уменьшается, колпачекъ чернѣетъ. Долговѣчность танталовыхъ лампочекъ при постоянномъ токъ онъ опредѣляетъ минимумъ въ 1000 часовъ, а полезное горѣніе въ 500—600 часовъ. По его словамъ, лампочки, фабрикуемая обществомъ Сименсъ и Гальске, потребляютъ всего 2 вт. на свѣчу и ихъ освѣтительная мощность на 30—40% выше.

Испытанія осміевыхъ лампъ были произведены въ Технологическомъ музеѣ въ Вѣнѣ. Изслѣдованія на долговѣчность дѣлались надъ шестью 35 вольтовыми лампочками въ 16 свѣчей и надъ шестью же 35 вольтовыми лампочками въ 25 свѣчей. Лампочки эти включались смѣшанно, т. е. соединенными параллельно группами въ 3 послѣдовательно соединенныя лампочки—въ цѣпь переменнаго тока въ 105 вт. Горизонтальная сила свѣта и количество поглощаемой энергіи измѣрялись каждыя 100 часовъ вплоть до разрушенія лампы. Результаты были получены слѣдующіе:

Сначала 16 свѣчная лампа давала силу свѣта въ 15,1 свѣчу и потребляла 1,68 вт. на свѣчу; послѣ 400 часовъ сила свѣта возросла до 17,3 свѣчей и черезъ 2,100 часовъ упала до 15,6 свѣчей. Удѣльное потребление упало сначала до 1,46 вт. на свѣчу, а затѣмъ возросло до 1,58 вт.

Другая 16 свѣчная лампа дала въ началѣ 15,2 свѣчи, черезъ 400 часовъ—17,5, а въ концѣ 2,200—16 свѣчей. Соответствующее удѣльное потребление было 1,62 вт.; 1,43 и 1,535 вт.

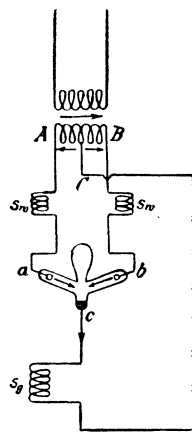
24-хъ свѣчная лампа давала въ началѣ 22,35 свѣчи, затѣмъ черезъ 600 свѣчей 24,6; а черезъ 1,700 свѣчей 23,7; удѣльное потребление было 1,65, 1,51 и 1,56 вт.

Наконецъ, 23-хъ свѣчная лампа давала въ началѣ 22,25 свѣчей; черезъ 300 часовъ—24,1 и черезъ 2,100—22,6 свѣчей. Удѣльное потребление было 1,65, 1,53 и 1,61 ваттъ.

Изъ этого можно сдѣлать слѣдующіе выводы. Средняя долговѣчность лампъ 2200 часовъ. Крайніе предѣлы были 1793 и 3036 часовъ.

Изъ 12 изслѣдованныхъ лампъ только три обнаружили пониженіе силы свѣта на 10%. Одна послѣ 1750 часовъ, другая послѣ 940, а третья послѣ 820 часовъ. Принимая какъ продолжительность полезной работы лампы ту, при которой начинается паденіе силъ свѣта на 10%, мы найдемъ ее равной 1080 часамъ. Удѣльное потребление было въ среднемъ 1,60 вт. на свѣчу для 16 свѣчной лампы и 1,80 вт. для 25-ти свѣчной.

Лампа съ ртутными парами, какъ выпрямитель тока. На эту тему сдѣланъ былъ интересный докладъ въ Американскомъ институтѣ инженеръ-электриковъ Штейнмецомъ. Самое устройство этого аппарата общеизвѣстно. Съ зажимами А и В вторичной обмотки трансформатора фиг. 4 соединяются индукціонныя катушки S_w съ графитовыми анодами. Катодъ С изъ ртути соединенъ при помощи индукціонной катушки S_g съ серединой трансформаторной обмотки. Приспособленіе для пуска въ ходъ аппарата здѣсь опущено; для этой цѣли можно, напримеръ, устроить дополнительную ртутную чашечку. Между обѣими чашечками появится вольтова дуга, вслѣдствіе чего весь выпрямитель наполнится ртутными парами и на электродвижущія силы между А и С съ одной стороны и В и С съ другой будутъ прогонять по направленію къ С—токъ. Въ обратномъ направленіи отъ с къ а и b протекать токъ не сможетъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ ртуть была бы анодомъ и не образовалось бы проводящихъ ртутныхъ паровъ; такимъ образомъ, при переменномъ



Фиг. 4.

току, аппаратъ будетъ пропускать лишь волны опредѣленнаго направленія, т. е. будетъ выпрямителемъ тока. Чтобы можно было пользоваться и второй волной сдѣлано приспособленіе, указанное на рисункѣ: именно напряженія между А и С, В и С сдвинуты на 180 градусовъ, равно какъ и токи отъ а къ с и b къ с.

Если раскленное состояніе катода прекратилось, то аппаратъ прекращаетъ свое дѣйствіе. Это происходило бы всякіе полъ-периода при нулевомъ значеніи. При этомъ, однако, состояніе это поддерживается индукціонными катушками S_w , заставляющими токъ запаздывать. Катушка S_g имѣетъ цѣлью смягчать колебанія выпрямленнаго тока.

Напряженіе выпрямленнаго тока чуть-чуть меньше половины напряженія вторичнаго тока трансформатора, а сила тока больше, чѣмъ вдвое.

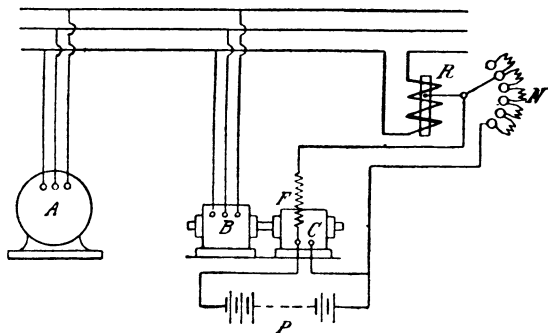
Паденіе напряженія въ выпрямителѣ достигаетъ 18 в. По опытамъ можно допустить колебанія выпрямленнаго тока въ 20—25% средней величины, то есть, слагаемая переменная постояннаго тока достигаетъ 0,14 i_0 , гдѣ i_0 средняя сила выпрямленнаго тока. Потери на гистерезисъ и вихревые токи ничтожны. Полезное дѣйствіе прибора 90%. Къ зажимамъ прибора можно приключать токи самыхъ высокихъ, употребительныхъ на практикѣ напряженій вплоть до 3600 в.

Въ теоретической части Штейнмецъ составляетъ дифференціальныя уравненія отдѣльныхъ цѣпей выпрямителя, пользуясь закономъ Кирхгофа. По данному напряженію, реакціи выпрямителя, коэффициентомъ самоиндукціи допускаемого колебанію силы тока онъ находитъ уравненія кривыхъ силы тока,

близко подходящая к тем, которые были в действительности получены при помощи осциллографа. (The Electrician).

Применение буферных батарей в установках трехфазного тока Идея применения буферных батарей к таким трехфазным установкам, где расход энергии подвержен большим колебаниям, как например, в горных предприятиях, уже не совсем нова, и в настоящее время можно уже насчитать несколько приспособлений этого рода, отличающихся друг от друга способом регулировки батареи аккумуляторов.

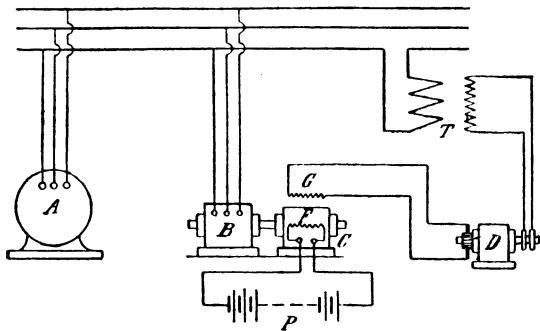
Одна схема изображена на фиг. 5. Альтернатор А питает трехпроводную сеть, к которой приключен преобразователь трехфазного тока в постоянный, состоящий из трехфазного двигателя В и шунтового генератора постоянного тока С, клеммы которого соединены с аккумуляторной батареей Р. Ручка реостата N, регулирующего магнитное поле



Фиг. 5.

генератора получает движение от соленоида, введенного последовательно в одну из фаз.

Когда нагрузка на трех фазах сети возрастает, и сила тока усиливается, соленоид R действует на реостат N и таким образом уменьшается возбуждение динамомашин и развиваемая ею электродвижущая сила: тогда батарея разряжается и пускает ток в динамомашину С, которая, действуя



Фиг. 6.

как двигатель, вращает С, обращая его из асинхронного двигателя в альтернатор. Если бы нагрузка все еще продолжала черезчур возрастать, то число оборотов альтернатора А уменьшилось бы еще большей степени, и тогда вспомогательное влияние машины В было бы еще более существенно.

Этот метод был применен Всеобщей компанией электричества на рудниках в Дартмуте, где один трехфазный двигатель для рудничного подъемника поглощал 700 лш. сил. Генератор давал 400 с.,

а остальные 300 сил были доставлены буферной батареей.

Пределом было указано усовершенствование этой metody, которая устраняет применение реле. Динамо (фиг. 6) снабжено двойным возбуждением: одним шунтовым F, а другим G, доставляемым небольшой коммутатриссой однофазного тока, питаемой включенным последовательно в одну из фаз главного тока трансформатором Т. Отдача этой группы (вспомогательная машина и батарея аккумуляторов) около 60%. Эта отдача может быть еще повышена, если вместо того, чтобы вращать машину С отдельным двигателем, вращать ее той же паровой или газовой машиной, как и генератор, тогда отдача может достигнуть 70%.

Электрическая спайка рельс системы Клейнсборта. Электрические приборы для спайки рельс расположены на особой передвижной платформе, циркулирующей по сети и заимствующей ток от воздушной линии. Особое приспособление, включаемое в цепь, позволяет компенсировать колебания линейного напряжения и поддерживать постоянную разность потенциалов у зажимов паялки. От воздушного рабочего провода кабель разветвляется, чтобы с одной стороны идти через контроллер в двигатель для перемещенной платформы, а с другой стороны для питания шунтовой и последовательной обмоток вращающегося конвертера, служащего для трансформации постоянного тока в переменный. В последовательную обмотку включают амперметр и реостат для пуска в ход, а в шунтовую коммутатор тока и реостат для присоединения возбудителя вращаемого конвертером.

Первичная обмотка неподвижного трансформатора присоединена к собирательным кольцам конвертера, а вторичная к зажимам паяльного аппарата. Напряжение первичной обмотки поддерживается с помощью двух катушек и двух коммутаторов; кроме того, в нее же вводится индукторная обмотка, сердечник которой может при помощи особого приспособления перемещаться в соленоиде, увеличивая или уменьшая его самоиндукцию.

Когда скорость конвертера превосходит намеченные границы, цепь размыкается при помощи особого центробежного регулятора.

Полюса паяльного аппарата укреплены на двух суппортах, вставленных в особую раму, поднимающуюся и опускающуюся при помощи зубчатой передачи продольно. Другая аналогичная зубчатая передача служит для перемещения аппарата по поперечному направлению платформы для того, чтобы пользоваться им для правого и левого рельса.

Давление на спаиваемые концы рельс достигается с помощью пары тисков, на которые действует гидравлический пресс. Охлаждение достигается посредством циркуляции воды.

Магнитные муфты для машин, приводимых в действие электричеством. В Вульвичском арсенале употребляются два типа магнитных муфт: один для передачи 6 лш. сил, а другой для 25 лш. сил при 300 оборотах в минуту. Муфта состоит из обыкновенного горшкообразного магнита, в кольцеобразном пространстве которого помещена возбуждающая обмотка, которая получает ток от двух контактных колец, и соответственно пригнанного стального диска вместо якоря. Диаметр маленькой муфты 19 см.; обмотка состоит из 800 витков медной проволоки 0,19 мм. толщиной. Место, занимаемое муфтой для 6 л. сил составляет 258 куб. см. и для 25 сильной 515 куб. см. Обмотка соединяется последовательно через сопротивление в 1000 ом с сетью на 300 вл. Обмотка маленькой муфты потребляет 21 вт. и

большая 42 вт.; это даст для первой удѣльное потребление энергии въ 1,5 вт. на 1 лощ. силу.

Для того, чтобы избѣжать пристаиванія якоря къ невозбужденному магниту, между ними проложенъ дискъ изъ немагнитнаго материала, или же на кольцеобразные полюса магнита налаживаются кольца изъ того же материала. Въ послѣднемъ случаѣ муфта работаетъ производительнѣе. При работѣ съ подобными муфтами нужно обращать вниманіе на то, чтобы на трущіяся поверхности не попало бы масло и не ухудшился контактъ. Если трущіяся поверхности покрыты масломъ, то муфта передаетъ лишь половину нормальной мощности.

(Electrotechnik und Maschinenbau).

Къ вопросу о голомъ или изолированномъ среднемъ проводѣ. Въ началѣ примѣненія трехпроводной системы, предложенной Гопкинсономъ, средній проводъ укладывали почти исключительно изолированнымъ, что часто вело къ серьезнымъ поврежденіямъ, вслѣдствіе чего на половину сѣти падало все напряжение между средними проводами. Во избѣжаніе этого Союзъ германскихъ электротехниковъ въ 1899 году постановилъ, что средній проводъ долженъ быть заземленъ и не снабженъ никакими предохранителями, а сверхъ того, въ послѣднее время проводъ этотъ прямо укладываютъ въ землю голымъ.

Преимущества голаго заземленнаго провода предъ изолированнымъ заключаются въ большей дешевизнѣ, меньшей вѣроятности поврежденія телефона, большей безопасности и лучшемъ уравновѣшеніи напряженія при неравной нагрузкѣ на обѣихъ половинахъ сѣти. Въ одномъ изъ послѣднихъ №№ «ETZ» г. Эрэнсъ задался цѣлью подвергнуть критикѣ эти преимущества.

Что касается дешевизны, то абсолютная величина экономіи голаго провода въ сравненіи съ изолированными можетъ быть и значительна, но по отношенію къ общей стоимости установки величина эта незначительна и достигаетъ всего 2—3% всей стоимости, причѣмъ надо принять во вниманіе, что голый проводъ значительно менѣе долговѣченъ, чѣмъ изолированный. Правда, въ послѣднее время для увеличения прочности нейтральный мѣдный проводъ снабжаютъ свинцовой оболочкой, обмотанной пропитаннымъ джутомъ, но не говоря уже о томъ, что это сильно уменьшаетъ достигнутую экономію, это едва ли достигаетъ цѣли, такъ какъ свинцовая оболочка скоро должна быть разрушена электролизомъ.

Кромѣ того, сбереженіе на кабеляхъ не такъ важно, такъ какъ время амортизаціи ихъ гораздо длиннѣе, чѣмъ напримѣръ, машинъ, котловъ и т. п.

Далѣе, то обстоятельство, что голый проводъ причиняетъ менѣе порчи телефонамъ, можетъ быть и было важно раньше, когда телефонныя линіи не имѣли обратнаго провода, но теперь, когда перешли почти повсюду къ системѣ съ двумя проводами, оно значенія не имѣетъ.

Большая безопасность эксплуатаціи, по мнѣнію сторонниковъ голаго провода, заключается въ томъ, что если одинъ изъ внѣшнихъ проводовъ придетъ въ соединеніе съ землею, то всѣ плавкіе предохранители сгорятъ скорѣе и вѣрнѣе, когда нейтральный проводъ голый; чѣмъ когда онъ изолированъ и только въ одномъ мѣстѣ соединенъ съ землею. Значеніе этого факта, самого по себѣ правдоподобнаго, сильно преувеличено. Возьмемъ худшій случай, когда внѣшній проводъ питательной сѣти соединился съ землею.

Пусть сопротивление поврежденнаго кабеля будетъ R , переходное сопротивление r_u , сопротивление среднего провода голаго r_b , сопротивление почвы отъ мѣста поврежденія кабеля до центра r_e , сопротивление динамо или батареи аккумуляторовъ на станціи r_a . Тогда въ случаѣ изолированнаго провода сопротивление всей цѣпи

$$W = r_a + R + r_u + r_e,$$

а голаго провода

$$W' = r_a + R + r_u + \frac{r_e r_b}{r_e + r_b},$$

но сопротивление почвы r_e весьма мало. По опытамъ Тюри сопротивление почвы на длинѣ 58 км. ничтожно и можетъ быть принято равнымъ нулю, такъ что не имѣетъ значенія есть ли тутъ рядомъ голый проводъ или нѣтъ.

Предполагая, что у насъ имѣется кабель 310 км. сѣченія и 2000 м. длины, и подставляя числа найдемъ:

$$R = 0,114 \Omega.$$

Пусть далѣе

$$\begin{aligned} r_u &= 0,2 \Omega \\ r_a &= 0,04 \Omega \\ r_e &= 0,03 \Omega. \end{aligned}$$

Если голый проводъ имѣетъ половину сѣченія внѣшняго, то

$$r_b = 0,228 \Omega$$

и мы находимъ

$$\begin{aligned} W &= 0,384 \Omega \\ W' &= 0,379 \Omega. \end{aligned}$$

При этихъ данныхъ вся разница достигнетъ всего 1,3%, такъ что при примѣненіи голаго кабеля сила тока во время соединенія съ землею будетъ всего на 1,3% болѣе чѣмъ при изолированномъ, то есть въ обоихъ случаяхъ предохранители будутъ дѣйствовать одинаково.

Далѣе самыя поврежденія хорошихъ кабелей представляютъ собою явленіе исключительное. Наоборотъ, чаще всего происходитъ при соприкосаніи голаго кабеля съ свинцовой оболочкой внѣшняго провода электролитическое медленное разрушеніе этой оболочки, и извѣстенъ случай, когда по этой причинѣ должна была быть совсѣмъ приостановлена работа городской станціи города съ 180 тысячнымъ населеніемъ.

Далѣе слѣдуетъ помнить, что кабель снабженъ на обоихъ концахъ предохранителями, плавящимися тогда, когда сила тока будетъ продолжительное время на 25% выше нормальной, а такъ какъ токъ къ поврежденному мѣсту кабеля притекаетъ съ двухъ сторонъ, то сила тока успѣетъ превзойти въ $2\frac{1}{2}$ —4 раза ту, которая допускается для кабеля даннаго сѣченія.

Токи эти возникаютъ не сразу, но постепенно, въ зависимости отъ переходнаго сопротивления r_a , которое тѣмъ больше, чѣмъ суше почва, окружающая мѣсто соединенія кабеля съ землей. Если уравниваніе обѣихъ половинъ трехпроводной сѣти производится при помощи батареи аккумуляторовъ, отъ мощности ея зависитъ, расплавятся ли предохранители поврежденнаго кабеля. Если внутреннее сопротивление батареи велико, то возможно, что напряжение въ коротко замкнутой половинѣ сѣти можетъ чувствительно понизиться при вышеупомянутой силѣ тока, отчего понизится и сила тока въ мѣстѣ соединенія кабеля съ землей и предохранители не расплавятся. А пока этого не случится, работа станціи не можетъ идти. Въ особенности, это возможно скорѣе если соединеніе съ землей произойдетъ днемъ, когда нагрузка невелика, и тогда придется остановить станцію, пока не отыщешь поврежденнаго кабеля.

Что касается выравниванія напряженія между двумя половинами сѣти, то оно при равныхъ сѣченіяхъ мѣди будетъ лучше при голомъ нулевомъ проводѣ, чѣмъ при изолированномъ, такъ какъ большая проводимость почвы будетъ помогать устраненію колебаній въ напряженіи, возникающихъ отъ неравенства нагрузокъ, но неудобства эти легко можно из-

бѣжать выборомъ сѣченія кабеля съ нѣкоторымъ запасомъ. Такимъ образомъ мы приходимъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) Сбереженія отъ употребленія голаго средняго провода незначительны въ сравненіи съ общими начальными издержками.

2) Какъ голый, такъ и изолированный проводъ совершенно одинаково вліяютъ на телефоны въ настоящее время.

3) Голый кабель вовсе не можетъ обезопасить установку отъ тѣхъ послѣдствій, которыя могутъ имѣть мѣсто слѣдствіе соединенія внѣшнихъ проводовъ съ землей.

4) При правильно выбранномъ сѣченіи изолированного нулевого провода, уравновѣшеніе нагрузокъ между обѣими половинами сѣти происходитъ такъ же хорошо, какъ и при изолированномъ.

Далѣе, по мнѣнію Эренса, изолированный проводъ представляетъ нѣкоторыя удобства, компенсирующія его большую стоимость. Если, напримѣръ, въ установкѣ съ голымъ проводомъ произойдутъ незначительныя соединенія внѣшняго кабеля съ землей, то можетъ пройти довольно много времени, пока мы ихъ замѣтимъ. Единственное средство для опредѣленія такихъ соединеній—это выключать изъ сѣти кабеля одинъ за другимъ и измѣрять ихъ изоляцію, но это дѣлается на практикѣ лишь чрезвычайно рѣдко, хотя такія маленькія соединенія съ землей могутъ разрушить свинцовую оболочку кабеля на большомъ протяженіи. Кромѣ того, напримѣръ, продолжительное соединеніе съ землей, куда уходитъ всего 5 квт., означаетъ потерю въ 5000 квт.-часовъ, т. е. перерасходъ 100 тоннъ угля.

Конечно, то же самое можетъ произойти и при изолированномъ среднемъ проводѣ, но разница та, что здѣсь у насъ въ рукахъ средство наблюдать за состояніемъ изоляціи кабелей и быстро отыскивать поврежденія. Для этого достаточно ввести измѣритель тока въ проводъ, соединяющій нулевой проводъ съ землей. Если взять измѣрительный приборъ съ двумя скалами, то можно непосредственно измѣрить величину соединенія съ землей, но и опредѣлить, на положительномъ или отрицательномъ кабелѣ оно произошло. Для измѣренія небольшихъ заземленій можно къ обыкновенному прибору присоединить и другой для небольшихъ силъ тока. Нѣкоторыя станціи соединяютъ средней проводъ съ землей въ нѣсколькихъ мѣстахъ, но это излишне, такъ какъ сопротивление почвы чрезвычайно мало, и сопротивление соединенія провода съ землей на станціи можетъ быть слѣдано также незначительно. Впрочемъ, въ этомъ послѣднемъ случаѣ для наблюденія за исправностью изоляціи надо включать измѣритель въ каждое соединеніе и показанія сложить.

Изготовленіе желѣзныхъ зеркалъ при помощи электрическаго распыленія. Въ томъ 16 «Annalen der Physik» В. Бернацкій описываетъ простой аппаратъ для изготовленія желѣзныхъ зеркалъ путемъ электрическаго распыленія. Въ цилиндрическомъ, расположенномъ горизонтально, стеклянномъ сосудѣ проходитъ вдоль по оси тонкая желѣзная полоска (1 мм. ширины и 0,2 мм. толщины). Полоска эта сдѣлана въ сосудѣ замазкой изъ каучука и канифоли, и припаена съ обѣихъ концовъ къ приводящимъ токъ мѣднымъ проволокамъ. Пластина изъ стекла, слюды или целлулоида, на которой желаютъ отложить желѣзное зеркало, вводится въ сосудъ сверхъ желѣзной полоски и подвѣшивается на крючкѣ притертой стеклянной пробки. Воздухъ въ сосудѣ разрѣжается ртутнымъ насосомъ до очень высокой степени (нѣсколько тысячныхъ миллиметра) и чрезъ полосу пропускается токъ такой силы, чтобы она нагрѣлась до яркокраснаго каленія. Обыкновенно при этомъ получается матовое зеркало; желѣзная пленка оказывается подъ микроскопомъ совершенно однородной и плотной и сохраняется дол-

гое время безъ измѣненій. Она обладаетъ очень сильнымъ остаточнымъ магнетизмомъ и намагничивается довольно сильно уже во время распыленія подѣйствіемъ магнитнаго поля земли и нагрѣвающаго тока. Въ сильномъ магнитномъ полѣ (около 5000 абс. единицъ) желѣзное зеркало намагничивается до насыщенія. Полученныя такимъ способомъ зеркала могутъ съ удобствомъ служить одновременно въ качествеъ зеркала и магнита взаимно тяжелыхъ шлифованныхъ стальныхъ зеркалъ. Ихъ отрицательная способность на поверхности желѣзной стороны (если субстратомъ служить хорошее шлифованное зеркальное стекло) составляетъ 50%.

Аккумуляторъ Юнгнеръ - Эдисона. На послѣднемъ общемъ собраніи нѣмецкаго Бунзенскаго общества прикладной физической химіи въ Карлсруэ были сдѣланы Эльбсомъ и Грэфенбергомъ два интересныхъ доклада объ аккумуляторѣ Юнгнеръ-Эдисона. Какъ извѣстно, электродами въ этомъ аккумуляторѣ являются желѣзо и окись никкеля, электролитомъ — растворъ ѣдкаго кали. Большимъ препятствіемъ долгое время было здѣсь то обстоятельство, что желѣзо въ качествеъ анода въ щелочахъ не растворяется (исключая особыхъ условий, когда оно переходитъ въ желѣзную кислоту), а поляризуется. Это препятствіе удалось, однако, устранить особымъ способомъ приготовленія активной желѣзной массы: желѣзные опилки превращаютъ прокаливаніемъ на воздухѣ въ окись, возстановляютъ въ струѣ водорода и поляризуютъ катоды въ растворѣ ѣдкаго кали. Однако, и такое желѣзо, по опытамъ Эльбса, окисляется лишь поверхностно, даже послѣ повторныхъ чередованій разряженія и заряжанія; въ противоположность свинцовымъ электродамъ, желѣзные не поддаются электрической формовкѣ. При разрядѣ желѣзо окисляется вѣроятно въ водную закись $Fe(OH)_2$, которая, однако, при доступѣ воздуха окисляется дальше въ окись; образованіе послѣдней нужно остерегаться, такъ какъ она очень трудно возстановляется затѣмъ токомъ обратно въ желѣзо. Продуктомъ аноднаго окисленія никкеля является всегда окись $Ni(OH)_2$, а не какъ думаютъ иногда, какой-нибудь высшій окисель, напримѣръ, $Ni(OH)_3$. Электровозбудительная сила свѣжезаряженнаго аккумулятора Эдисона равна 1,42—1,46 влт. При стоянціи она падаетъ медленно, при разрядѣ тотчасъ же до 1,36 вольта, такъ что это послѣднее напряженіе слѣдуетъ считать начальной полезной электровозбудительной силой аккумулятора. Грэфенбергъ сообщилъ въ своемъ докладѣ нѣкоторыя подробности объ аккумуляторѣ Юнгнера, изготовляемомъ заводомъ въ Калькѣ у Кельна. Положительная активная масса—черная водная окись никкеля—получается изъ водной закиси, приготовляемой электрохимическимъ способомъ. Желѣзная масса готовится изъ окалины, которая тонко перемалывается и возстановляется водородомъ при 380°. Къ никкелевой массѣ, для улучшенія электропроводности, прибавляется 40% къ желѣзной—10% никкелированнаго графита. Обѣ активныя массы прессуются въ брикеты и укрѣпляются въ никкелевыхъ рамахъ. Демонстрируемый докладчикомъ аккумуляторъ заключалъ въ себѣ 6 паръ электродовъ (каждый по 10 кармановъ), а вѣситъ 3 кило, изъ которыхъ 900 грм. падали на активныя массы, 750 грм. на рамы, 625 грм. на электролитъ. Электролитъ 20% ѣдкій кали долженъ быть свободенъ отъ солей, углекислоты и органическихъ веществъ. При нормальномъ 4 часовомъ разрядѣ такой аккумулятора даетъ 35—40 амперъ-часовъ при среднемъ напряженіи 1,25 вольта, что составляетъ 16 вт.-часовъ на 1 кило общаго вѣса. Электровозбудительная сила падаетъ при разрядѣ непрерывно (особенно рѣзко въ самомъ началѣ), такъ что она не даетъ точнаго указанія, когда слѣдуетъ прекратить разряжаніе; лучше всего останавливается, когда электровозбудительная сила упала на 20%. При заряжа-

ни напряжение быстро подымается съ 1,35 вольт до 1,6, а затѣмъ медленно до 1,8 влт.; при этомъ происходитъ обильное выдѣленіе газа. Это обстоятельство, а также паденіе электровозбудительной силы при разряжаніи обуславливаютъ въ аккумуляторѣ Юнгнеръ-Эдисона гораздо болѣшую потерю энергии, чѣмъ въ свинцовомъ. Если аккумуляторъ разряжается съ точностью послѣ заряджанія, то онъ отдаетъ 90% принятыхъ амперъ-часовъ, но только 65% вт.-часовъ. Уже по истеченіи 24 часовъ замѣчается значительное саморазряженіе, такъ что отдача амперъ-часовъ составляетъ уже только 63%, а отдача вт.-часовъ лишь 42%. Важнѣйшимъ недостаткомъ никкеле-железнаго аккумулятора, кромѣ большой порціи энергии, слѣдуетъ считать его чувствительность къ дѣйствію воздуха, который окисляетъ желѣзную массу. Разряженный аккумуляторъ также нужно оберегать отъ доступа воздуха, во избѣжаніе указанной выше возможности окисленія закиси желѣза въ окись. При употребленіи емкость аккумулятора уменьшается, послѣ 200 разрядовъ часто на 20%; причина этого явленія еще не выяснена.

Вліяніе электролита на дѣйствіе алюминиеваго электролитическаго клапана. Новое изслѣдованіе названнаго вопроса было недавно произведено Ф. Петерсомъ и Ланге. Изслѣдовавшійся алюминиевый элементъ состоялъ изъ опрокинутой бутылки съ отколотымъ дномъ, горлышко которой было закрыто резиновой пробкой. Черезъ эту пробку проходилъ анодъ: алюминиевая трубка 15 мм. поперечникъ изъ наиболѣе чистаго продажнаго алюминія (99% Al); труба предъ употребленіемъ очень тщательно чистилась (наждачной бумагой, 10% растворомъ йодаго кали и т. д.). Катодомъ служилъ свинцовый цилиндръ; разстояние между обоими электродами было около 30 мм. Измѣрялось каждый разъ „критическое“, напряжение т. е. то, начиная съ котораго сила тока не падала мгновенно послѣ замыканія, а наоборотъ возрастала. Вліяніе кислоты. Опыты Петерса и Ланге подтверждаютъ результаты, найденныя нѣсколько раньше Р. Моттомъ, что задерживающая способность алюминиеваго анода тѣмъ сильнѣй, чѣмъ выше основность кислоты электролита. Такъ съ различными солями двухосновной сѣрной кислоты критическое напряжение было найдено около 30 влт., съ солями же трехосновной фосфорной кислоты (или съ самой фосфорной кислотой) это напряжение поднималось до 120—150 вольтъ. Впрочемъ, правило это не вполнѣ строго. Вліяніе катиона электролита. Катионъ электролита также оказываетъ большое дѣйствіе на задерживающую способность алюминиеваго анода, но никакой зависимости отъ атомности металла въ этомъ случаѣ обнаружить нельзя. Изъ различныхъ уксуснокислыхъ солей сильнѣй всего дѣйствуютъ соли калия, аммонія, кальція, стронція, сереара и цинка (для всѣхъ критическое напряжение выше 100 влт.); соли же близкаго къ кальцію и стронцію барія совершенно или почти совершенно отрицаютъ у алюминія задерживающую способность. Въ ряду органическихъ кислотъ наиболѣе активны тѣ, частицы которыхъ заключаютъ въ себѣ нѣсколько гидроксильныхъ группъ (яблочная, винная и т. п.); хлоръ и бромъ совсѣмъ уничтожаютъ активность. При смѣшиваніи двухъ электролитовъ критическое напряжение стремится принять величину, отвѣчающую менѣе активному электролиту; такъ для уксуснокислаго калия (0,1 нормальный растворъ) оно равно 115 влт., уксуснокислаго никкеля 10 влт., а въ смѣси равныхъ объемовъ той и другой соли оно было найдено=9 влт. (Elektrotechn. Zeitschrift).

Электрохимическая промышленность у Ниагарскаго водопада. Въ одномъ изъ послѣднихъ номеровъ „Zeitschrift für angewandte Chemie“

мы находимъ интересный обзоръ электрохимической промышленности у Ниагарскаго водопада, сдѣланный Флеръ-Джеральдомъ въ Американскомъ электрохимическомъ обществѣ. Алюминій. Кирма „Pittsburg Reduction Co“, монополизировавшая производство алюминія въ Америкѣ, построила въ послѣдніе годы еще заводы въ Массенѣ и у Шэвинганскаго водопада (Канада). Производство ея превышаетъ все остальное производство алюминія. Очень существенную роль играетъ очищеніе боксита по способу Галля. Карборундъ. Въ 1891 и 1892 годахъ этого продукта было произведено всего лишь полутонны, въ 1896 г. 595 т., въ 1903 г. 2380 т. (=около 144,000 пудовъ). Заводъ вновь расширенъ, такъ что въ ближайшемъ будущемъ годовое производство достигнетъ 4000 тоннъ. Кромѣ того, обществомъ „Norton Emery Wheel Co“ производится плавленіе боксита въ электрической печи, искусственный корундъ, идущій въ продажу подъ названіемъ „алуннума“. Получаемая при производствѣ карборунда пыль употребляется въ стальномъ производствѣ вмѣсто ферросилиція и содержитъ болѣе кремнія (62%), чѣмъ послѣдній; впрочемъ, этому употребленію нѣсколько мѣшаетъ содержаніе въ карборундѣ углерода. При менѣе высокихъ температурахъ получается не кристаллическое вещество того же состава, что карборундъ. Этотъ, такъ называемый, карборундовый песокъ находитъ себѣ примѣненіе въ качествѣ отличнаго огнеупорнаго матеріала, правда не въ сильно окислительномъ пламени, такъ какъ онъ иначе сгораетъ въ кремнеземъ и окись углерода. Искусственный графитъ. Въ 1897 году его было получено 81 тонна, въ 1900 г. 400 т., въ 1904 г. 1333 тон. Такъ какъ спросъ на этотъ продуктъ превышаетъ производство, то „International Acheson Graphite Co“ рѣшило его удвоить и строить новую установку на 1500 киловаттъ. Кромѣ главнаго своего примѣненія въ качествѣ электродовъ, особенно анодовъ при электролизѣ хлористыхъ солей, графитъ Эчсона употребляется для изготовленія тиглей, въ качествѣ смазочнаго матеріала и т. д. Кальцій-карбидъ и ацетиленъ. Производство карбидъ монополизировано въ Америкѣ привилегіями Вильсона. Фирма „Acetylene Manufacturing Co“ выпускаетъ карбидъ въ продажу въ формѣ плотныхъ палочекъ и кусковъ любой величины; этотъ продуктъ такъ называемый „ацетиленъ“ (получается, измалывая карбидъ и прессуя въ формы съ какимъ-нибудь связывающимъ веществомъ) будто бы хорошо противостоитъ дѣйствію влажнаго воздуха и даетъ очень правильное развитіе ацетилена. Железные сплавы. Существовавшій у Ниагары заводъ феррохрома сгорѣлъ, новый пока еще не построенъ. Рекшетъ и Сандерсъ изготовили недавно въ электрической печи рядъ новыхъ сплавовъ: феррохромъ съ 70% Cr и 0,75% C или съ 62,6% Cr и 0,2% C; хромоферросилицій съ 54% Cr и 21% Si; феррованадій съ 38% Vd, ферровольфрамъ съ 71% W и т. д. Хлоръ и щелочи. „Castner Electrolytic Alkali Co“, работающая по ртутному способу Кастнера, располагаетъ установкой на 700 лош. силъ. „Acker Co“ работаетъ сухимъ путемъ, съ катодами изъ расплавленнаго свинца. Въ виду перепроизводства бѣллыной извести, это общество употребляетъ свой хлоръ для изготовленія хлорнаго олова и четырехлористаго углерода (употребляемого въ качествѣ экстрагирующаго вещества, вмѣсто легко воспламеняемаго сѣроуглерода). „Roberts Chemical Co“ пользуется своимъ хлоромъ для полученія соляной кислоты. Натрій. „Niagara Electrochemical Co“ производитъ металлическій натрій по способу Кастнера. Натрій употребляется главнымъ образомъ для изготовленія перекиси натрія. Фёрстерлингъ и Фолинкъ прессуютъ перекись натрія въ куски и употребляютъ его въ такомъ видѣ для развитія съ водой кислорода, подобно тому, какъ изъ кальцій-карбидъ получаютъ ацетиленъ. „Niagara Electrochemical Co“ выпускаетъ въ продажу этотъ продуктъ подъ названіемъ „аксо-

на"; 1 кило оксона выдѣляетъ съ водой 120 литровъ кислорода; онъ очень удобенъ для лабораторнаго употребленія, такъ какъ имъ можно пользоваться въ обыкновенномъ Кинновскомъ аппаратѣ. Его рекомендуютъ также для употребленія при подводномъ плавани, съ цѣлью возобновленія и освѣженія воздуха, такъ какъ образующійся изъ перекиси при выдѣленіи кислорода ѣдкій натръ поглощаетъ углекислоту. „Roessler and Hausslacher Chemical Co“ производятъ еще и другія перекиси: перекись кальція (60—65% $Ca O_2$), которая въ водѣ нерастворима, выдѣляетъ кислородъ съ водой или при нагрѣваніи, и употребляется для консервирования пищевыхъ продуктовъ, въ терапіи и т. д., перекиси магнія, цинка и друг. В а н и л и н ѣ. Общество „Ozone-Vanilline Co“ пользуется озономъ для производства ванилина (путемъ окисленія изовѣнола, получаемаго изъ ѣвѣнола, содержащагося въ гвоздичномъ маслѣ).

Электролитическая очистка воды. Новый аппаратъ для электролитической очистки воды, выпущенный въ продажу обществомъ „Water Purifing & Filter Co“ въ Нью-Йоркѣ, состоитъ изъ желѣзнаго цилиндра, раздѣленнаго на двѣ половины неполной, не доходящей до верху, перегородкой. Въ одной, меньшемъ отдѣленіи вода проходитъ съ низу вверхъ между рядомъ электродовъ, которые расположены такъ, что водородъ можетъ свободно удалиться, тогда какъ кислородъ увлекается водой и служитъ для окисленія органическихъ веществъ. У катодовъ выдѣляются щелочныя земли, увлекающія съ собой значительную часть микроорганизмовъ, а также желѣзо. Изъ электролитическаго отдѣленія вода поступаетъ во вторую половину аппарата, въ которой она сверху внизъ проходитъ черезъ батарею фильтровъ. Слѣдующая табличка показываетъ дѣйствительность работы новаго аппарата:

	До очистки.	Послѣ очистки.	Разница въ %.
Сухого остатка . .	0,3048	0,1826	37
Орган. веществъ . .	0,1068	0,0312	76
Солей	0,1960	0,1516	24
Хлора	0,0248	0,0177	28
Микроорганизмовъ въ 1 куб. см. . .	340000	75	99,975

Стоимость очистки будто бы не превышаетъ 1½ цента на 1000 галлоновъ, т. е. около 0,67 коп. на 1 куб. метръ=80 ведеръ.

Новый способъ электролитическаго осажденія металлическихъ сплавовъ. Джакобсъ описываетъ въ „Journ Amer. Chem. Soc.“ т. 27 свои опыты осажденія гальваническимъ путемъ сплавовъ никкеля и цинка. Сплавы эти, предназначавшіяся для литографическихъ цѣлей, должны были обладать мелкозернистой структурой, большой плотностью и высокимъ содержаніемъ цинка; кромѣ того, въ виду возможности включенія въ гальваническихъ осадкахъ слѣдовъ раствора нельзя было пользоваться въ качествѣ электролита ни синильными, ни щелочными растворами, которые могли бы потомъ портить краску. Послѣ многихъ неудачныхъ опытовъ авторъ остановился на среднемъ смѣшанномъ растворѣ сѣрнокислыхъ солей обоихъ металловъ съ прибавкой, для лучшей электропроводимости, небольшой пропорціи сѣрнокислаго амонія. Катодъ состоялъ изъ медленно (2—2½ оборота въ минуту) вращающагося цилиндра, по одну сторону котораго былъ расположенъ цинковый анодъ, по другую—никелевый. Аппаратъ получалъ токъ отъ двухъ динамо; отрицательные полюсы обѣихъ динамо были соединены съ катодомъ, положительный полюсъ одной—съ цинковымъ анодомъ, другой—съ никелевымъ. причемъ первая динамо давала большее на-

пряженіе, чѣмъ вторая, благодаря чему цинкъ осаждался въ большемъ количествѣ, чѣмъ никкель. Кромѣ того, сила тока въ обѣихъ частяхъ аппарата регулировалась разстояніемъ того и другого анода отъ катода. Подобнымъ же образомъ получаютъ осадки латуни любого цвѣта.

О смерти, вызываемой электричествомъ. На послѣднемъ съѣздѣ нѣмецкихъ врачей и естествоиспытателей въ Меранѣ д-ръ Краттеръ сдѣлалъ интересное сообщеніе о смерти, вызываемой электричествомъ. Непосредственной причиной такой смерти является параличъ дыхательныхъ центровъ, т. е. особый видъ внутренней асфиксіи. Микроскопически вызванный токѣмъ измѣненія въ центральной нервной системѣ выражаются въ мелкихъ кровоизліяніяхъ въ мозгу и продолговатомъ мозгу; кромѣ того, вѣроятно имѣютъ мѣсто молекулярныя и химическія измѣненія. Диагнозъ смерти отъ электричества можетъ быть легко установленъ по ожогамъ, характернымъ по своему виду и расположенію; эти ожоги вызываются переходомъ тока въ плохо проводящее человѣческое или животное тѣло. Опасность для жизни отъ прикосновенія къ электрическому проводу обуславливается не только напряженіемъ тока, но и сопротивленіемъ самого тѣла, которое бываетъ чрезвычайно различно; иногда сопротивленіе человѣческаго тѣла достигаетъ нѣсколькихъ сотъ тысячъ омъ, но иногда оно падаетъ до немногихъ тысячъ. Токъ силы 100 миллиамперъ является уже опаснымъ для жизни. Нѣсколько различно и индивидуально электрическое сопротивленіе человѣческаго тѣла, видно изъ того, что бывали случаи смерти отъ напряженія немногимъ выше 100 влт., тогда какъ нѣкоторые люди выносятъ безъ вреда напряженіе нѣсколькихъ тысячъ вольтъ. Алкоголики и слабые сердцемъ особенно легко поддаются дѣйствию электричества. Такъ какъ смерть отъ электричества вызывается, какъ сказано, непосредственно асфикціей, то часто удается ее избѣжать примѣненіемъ искусственнаго дыханія.

БИБЛИОГРАФІЯ.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen Herausgegeben von Dr. G. Benischke. Heft. 7. Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven von Dr. Ernst Orlich. Mit 71 Abbildungen. Braunschweig. 1906. VI+117 in 8°. Preis 3 M. 50 Pf.

Электротехника въ отдѣльныхъ выпускахъ. Изданіе Г. Бенишке. Эрнстъ Орлихъ. Полученіе и анализъ кривыхъ переменнаго тока. Съ 71 рисункомъ. Брауншвейгъ. 1906 г. VI+117 стр. in 8. Цѣна 1 р. 75 к.

Появленіе этой книжки надо признать въ высшей степени своевременнымъ. Форма кривой переменнаго тока, даваемого машиной, играетъ въ электротехникѣ ту же или даже большую роль, чѣмъ индикаторная диаграмма въ паровой механикѣ. Въ то время, какъ та или другая форма индикаторной диаграммы въ зависимости отъ распределенія вліяетъ на расходъ пара, равномерность хода и т. п., только самой термической машины, форма кривой переменнаго тока, вліяетъ не только на работу динамо, но и на работу всей сѣты и всѣхъ приключенныхъ къ ней аппаратахъ. Напомнимъ только о резонансѣ и о связанныхъ съ нимъ явленіяхъ. Вотъ почему книжка эта, какъ принято говорить въ рецензіяхъ, восполняетъ важный пробѣлъ и является она тѣмъ болѣе во время, что если въ имѣющихся руководствахъ и можно найти коекакія указанія и методы снятія кривыхъ, то, во всякомъ случаѣ, по анализу полученныхъ кривыхъ и разложенію ихъ на простѣйшія тамъ не найти ни-

чего, а это последнее является не менѣ существеннымъ, чѣмъ первое.

Авторъ поставилъ себѣ цѣлью сгруппировать всѣ болѣе или менѣ достойные вниманія разбросанныя въ литературѣ методы, не отбрасывая и тѣхъ, которые, какъ напримѣръ, способъ, основанный на вращеніи плоскости поляризаціи, не выказали себя достаточно на практикѣ, но во всякомъ случаѣ интересны по своей идее.

Какъ водится, авторъ начинаетъ съ математическаго опредѣленія періодическихъ кривыхъ, предполагая извѣстную теорему Фурье о разложеніи этихъ кривыхъ на простѣйшія. Разсмотрѣвъ параметры, опредѣляющіе эти кривыя, онъ упрощаетъ полученные выводы для случаевъ встрѣчающихся на практикѣ и знакомитъ читателя съ нѣкоторыми коэффициентами, въ настоящее время общепринятыми, но, къ сожалѣнію, на русскій языкъ переводимые каждамы, какъ Богъ на душу положитъ. Важнѣйшіе изъ этихъ коэффициентовъ, обозначаемыхъ по нѣмецки словами Formfaktor и Scheitelfaktor и выражающіе первый отношеніе эффективнаго значенія переменнаго къ ея среднему арифметическому значенію, а второй отношеніе максимальнаго мгновеннаго значенія къ эффективному, играютъ очень большую роль и прекрасно характеризуютъ собою кривую и относително ихъ слѣдовало бы установить у насъ ту или другую, но во всякомъ случаѣ твердо опредѣленную терминологию.

Въ настоящее время имѣется весьма большое количество методовъ для снятія кривыхъ переменнаго тока, и всѣ они распадаются на два главныхъ отдѣла, именно на методы, гдѣ кривыя строятся по точкамъ, и на методы, гдѣ результаты получаются въ видѣ готовыхъ непрерывныхъ кривыхъ. Всѣ способы пунктирнаго полученія кривыхъ покоются на идеѣ Жубера, состоящей въ томъ, что на валу альтернатора или включеннаго въ цѣпь синхроннаго укрѣпляются два другъ отъ друга изолированныхъ диска соединенныхъ въ одномъ мѣстѣ узкой полосой. Скользящій по дискамъ щетки соединены съ измѣрительнымъ приборомъ. Такимъ образомъ измѣреніе при двухполосной машинѣ происходитъ только разъ въ теченіе періода и въ любой фазѣ въ зависимости отъ положенія щетокъ, мѣняя которое мы можемъ получить любое количество мгновенныхъ значеній и по нимъ построить кривую. На этомъ принципѣ основаны многочисленные методы, различающіеся другъ отъ друга исключительно приборами для измѣренія мгновеннаго значенія переменнаго величини: таковы методы съ электрометромъ, съ баллистическимъ гальванометромъ и съ вольтметромъ, изложенные на стр. 13—19. На томъ же принципѣ покоится и извѣстный аппаратъ Рудольфа Франка, представляющій въ настоящее время одинъ изъ наиболѣе часто примѣняемыхъ приборовъ. Помимо прочихъ усовершенствованій, здѣсь имѣется очень удобный полуавтоматическій приборъ для записыванія кривыхъ, довольно подробно описанный авторомъ на стр. 21—22. Болѣе усовершенствованнымъ, но болѣе сложнымъ, хотя основаннымъ на томъ же принципѣ, является ондографъ Госпиталье, позволяющій при помощи очень остроумныхъ приспособленій записывать кривыя вполне автоматически. При помощи этого аппарата, вводя вмѣсто обычно употребляемаго гальванометра Д'Арсоналя—ваттметръ получаютъ и кривыя мощности (стр. 23—25). Очень интересными являются также и компенсационные методы (25—28), представляющіе то преимущество, что здѣсь продолжительность контакта и его надежность не играютъ никакой роли. Такъ какъ слабое мѣсто приборовъ, основанныхъ на принципѣ Жубера заключается именно въ ненадежности механическаго контакта, то Гольдшмитомъ былъ предложенъ, а Ріаномъ усовершенствованъ аппаратъ, гдѣ механической контактъ замѣненъ, такъ называемымъ электромагнитнымъ; идея этого прибора, равно какъ и прибора Ріана, очень

остроумны, но здѣсь на нихъ не приходится останавливаться.

Особнякомъ стоятъ электрохимическіе методы, занимающіе мѣсто между „пунктирныхъ“ и непрерывныхъ получениемъ кривыхъ. Основаны они на электролитическомъ разложеніи іодистаго кадмія, окрашивающаго пропитанную клейстеромъ бумагу въ голубой цвѣтъ. Методъ этотъ, усовершенствованный Блонделемъ и Жане, описанъ на стр. 33—35.

Далѣе (стр. 35—36) идутъ оптическіе методы, основанные на вращеніи плоскости поляризаціи въ магнитномъ полѣ. Методы эти, надъ которыми работали Кресоръ и Швицеръ, а также Абрагамъ и Бюиссонъ, очень интересны съ теоретической стороны, но практическаго значенія за ними пока еще признать нельзя.

Къ полуоптическимъ методамъ слѣдуетъ отнести и способъ, основанный на примѣненіи трубокъ Брауна. Способъ этотъ представляетъ выдающійся интересъ въ томъ отношеніи, что въ основаніе его положено извѣстное свойство катодныхъ лучей отклоняться подъ вліяніемъ магнитнаго поля перпендикулярнаго къ направленію ихъ потока.

Авторъ достаточно ясно излагаетъ схематическое устройство и конструктивныя особенности этого метода, равно какъ и другого, принадлежащаго Герке, для опредѣленія кривыхъ высокаго напряженія.

Методъ Герке, позволяющій получать кинематографическіе снимки кривыхъ, основанъ на законѣ Вильсона, по которому свѣтящаяся поверхность анода пропорціональна силѣ тока, протекающаго черезъ газъ. Съ приборомъ Герке читатели знакомы по описанію его, помѣщенному въ прошломъ году въ нашемъ журналѣ *).

Начиная съ 43 стр. идетъ описаніе осциллографовъ. Сначала излагается математическая теорія этихъ приборовъ, а затѣмъ и конструкціи различныхъ системъ: игольныхъ и бифилярныхъ, Блонделя, Гочкиса, Дуделя, Сименса и Гальске и др. Къ нимъ же относится и новый аппаратъ Эдельмана (стр. 57—58). Изъ осциллографовъ пропущенъ интересный приборъ Гольдшмита, описанный въ „Электричествѣ“ за истекшій годъ **). Отъ осциллографовъ Блонделя отличается въ значительной мѣрѣ реографъ Абрагама, теорія и схема устройства котораго даны авторомъ на стр. 58—62.

Этимъ заканчивается собственно описаніе методовъ для полученія кривыхъ переменнаго тока и двѣ послѣднія страницы этого отдѣла заняты изложеніемъ способовъ полученія кривыхъ намагниченія по методамъ Кауфмана и Таунсенда.

Послѣдній четвертый отдѣлъ, представляющій собою вторую часть книги, содержитъ въ себѣ описаніе способовъ разложенія полученныхъ кривыхъ на гармоническія различныхъ порядковъ. Здѣсь сначала излагаются способы Пюпона и Арманя, основанные на принципѣ резонанса, а также арифметическіе способы вычисленія постоянныхъ ряда Фурье. (Стр. 66 и 83). Очень остроумныя разрѣшенія вопроса предложены Клиффордомъ, Гаустономъ, Кеннели и Фишеръ-Гиннеомъ (стр. 83—90). Послѣдній пятый отдѣлъ заключаетъ въ себѣ описаніе анализаторовъ лорда Кельвина, Кореди, Шарпа, Юля и Лаконта и многихъ другихъ, на которыхъ, въ виду и такъ растянувшейся рецензіи, мы не можемъ останавливаться. Книга эта представляетъ, по нашему мнѣнію, интересъ не только для электротехниковъ, для которыхъ она исчерпываетъ вопросъ, но и для физиологовъ и естествоиспытателей, которымъ приходится встрѣчаться съ графическимъ и аналитическимъ изслѣдованіемъ періодическихъ явленій.

Внѣшность книги, бумага, печать, клише превосходны.

И. Троцкий.

* См. «Э—во», 1905 г., № 68, стр. 124—125.

** См. «Э—во» 1905 г. № 24, стр. 346—347.

Передача переменных токов на далекия расстоянія. Д-ра Ресслера. Берлинъ. Изданіе Ю. Шпрингера. 1905 г. 243 стр.

Die Fernleitung von Wechselströmen. Von Dr. G. Rössler. Berlin. Verlag von J. Springer. 1905. S. 243.

Это одно изъ тѣхъ немногихъ сочиненій, которыя интересны какъ для начинающаго, такъ и для спеціалиста. Широкое примѣненіе переменныхъ токовъ высокаго напряженія при передачѣ электрической энергіи на большія расстоянія требуетъ отъ современнаго техника знакомства съ новѣйшими математическими изслѣдованіями распредѣленія переменнаго тока въ проводникахъ большой емкости. Флемингъ, Веберъ научно изслѣдовали вліяніе равномерно распредѣленной емкости на распространеніе переменныхъ токовъ въ длинныхъ проводахъ, но изслѣдованія эти носили теоретическій характеръ; практика стояла далеко отъ теоріи, такъ какъ потребный для теоретическаго изслѣдованія анализъ былъ необычайно труденъ и сложенъ. Вопросъ представилъ въ совершенно новомъ освѣщеніи съ тѣхъ поръ, какъ по предложенію Штейнметца былъ примѣненъ къ рѣшенію электротехническихъ задачъ давно уже употребляемый въ физикѣ методъ комплексныхъ величинъ. Представляющія иногда непреодолимая трудности дифференціальныя уравненія съ частными производными превращаются при примѣненіи этого метода въ легко интегрируемыя линейныя. Книга Ресслера интересна въ математическомъ отношеніи тѣмъ, что кромѣ метода комплексныхъ величинъ, авторъ широко пользуется подстановкой символовъ. Выраженія опредѣленнаго типа замѣняются по опредѣленному закону другими выраженіями, имъ не равными, представляющими болѣе простой и удобный для математическихъ операций видъ, и только въ окончательномъ результатѣ производится обратная замѣна. Само собой понятно, что предварительно должна быть доказана теорема: результатъ какого-либо дѣйствія надъ символомъ даннаго выраженія равенъ символу отъ выраженія, получающагося послѣ произведенія этого же дѣйствія надъ даннымъ выраженіемъ, на примѣръ, дифференціалъ символа долженъ равняться символу дифференціала. Этотъ методъ чрезвычайно упрощаетъ математическія выкладки, но требуетъ отъ читателя привычки видѣть во время дѣйствій за символомъ однозначное ему выраженіе и можетъ быть полезенъ только тогда, когда въ научной практикѣ будетъ извѣстное единообразіе въ установленіи символовъ и не придется при чтеніи каждаго новаго труда тратить время на осваиваніе и умѣнье дешифровать новые символы. Надо замѣтить, что, несмотря на строгую научность и трудность трактуемыхъ вопросовъ, изложеніе въ книгѣ совершенно доступное, никакихъ специальныхъ знаній по математикѣ или теоріи электричества не требуется, имѣется даже специальная глава, излагающая дѣйствія подъ комплексными величинами, линейныя уравненія подробно рѣшаются.

Переходя къ содержанію книги, мы должны отмѣтить главу о конечномъ не замкнутомъ кабелѣ, въ которой, между прочимъ, имѣется теоретическій разборъ феномена Ферранти. Необычайно интереснымъ является тотъ фактъ, что приключенный къ генератору болѣе короткій кабелъ можетъ потреблять большую силу тока, чѣмъ болѣе длинный или даже безконечно длинный того же типа и поперечника. Затѣмъ интересенъ анализъ того случая, когда имѣетъ мѣсто отставаніе тока въ фазѣ относительно напряженія, какъ это бываетъ при нагрузкѣ кабеля трансформаторомъ или двигателемъ, приводящій къ тому, что при нѣкоторой длинѣ проводника посылаемой машиной токъ можетъ быть меньше тока, потребляемаго на концѣ. Выкладки автора приводятъ къ заключенію, что при современныхъ кабеляхъ

и при работѣ съ современными переменными токами съ частотой 50 періодовъ, экономическая передача энергии выполняема не болѣе чѣмъ на 50% отъ той, при передачѣ энергии на большія расстоянія, у насъ имѣется печальная альтернатива, или работать при болѣе высокомъ коэффициентѣ передачи, но использовать проводимость кабеля въ малой степени, не догружая его, или пользоваться матеріаломъ въ достаточной степени, но терять энергію въ кабелѣ. Предлагаемъ авторомъ способы графическаго расчета необычайно легки и еще болѣе облегчаются многочисленными таблицами, цифровыми данными и практически примѣрами, щедро приводимыми повсюду.

Несомнѣнно, что теоріи распространенія переменныхъ токовъ на большія расстоянія придется считаться съ вопросомъ о существованіи діэлектрическаго гистерезиса, который, по предположенію автора, можетъ быть, оказываетъ большое вліяніе на потерю энергіи и на нагрѣваніе проводовъ, и былъ бы очень желательныя дальнѣйшія изслѣдованія въ этомъ направленіи, такъ какъ развѣ въ кабеляхъ это явленіе еще не изслѣдовано и нѣкоторыми даже отрицается (Dr. Apt und Mauritius ETZ 1903. S. 879).

Въ заключеніе мы должны отмѣтить нѣкоторыя упущенія, неизбежныя въ столь серьезной работѣ. Неудачно и можетъ вызвать недоразумѣнія у начинающаго опредѣленіе понятія емкости, при которомъ читателю не ясно, почему при постоянномъ токе протекающемъ по двумъ параллельнымъ проводамъ часть электрическихъ массъ взаимно связана и не ходитъ въ покоѣ, между тѣмъ какъ другая часть протекаетъ по проводнику. Это недоразумѣніе было бы устранено, если бы авторъ разсматривалъ теченіе тока по проводнику съ значительной емкостью какъ постепенное заряженіе проводника, поглощающее въ началѣ процесса нѣкоторое количество электричества, такъ что черезъ поперечное сѣченіе проводника въ разныхъ мѣстахъ проходитъ сначала и уменьшающееся къ концу проводника количество электричества.

Оперированіе на стр. 86 съ ∞ представляется намъ не достаточно осторожнымъ и не строгимъ въ математическомъ отношеніи, такъ что $0 \pm$ есть неопредѣленность, и до ея раскрытія производитъ надъ нѣ дѣйствія, какъ надъ величиной постоянной, довольно рискованно. Наконецъ, на стр. 144 выводъ формулы Z_1 по первому способу несомнѣнно основанъ на недоразумѣніи. C означаетъ въ формулѣ емкость единицы длины кабеля, между тѣмъ при выводѣ формулы авторъ обозначаетъ черезъ C емкость безконечно малаго произвольной длины отръзка кабеля, поэтому примѣненіе уравненія 40 стр. 8 для даннаго случая ничего дать не можетъ (сравни. опр. С. на стр. 51 и 37).

Многочисленныя таблицы, дающія всевозможныя электрическія данныя для различныхъ кабелей, увеличиваютъ значеніе книги для практика и иллюстрируютъ теоретическіе выводы.

С. Фридъ.

Опечатки въ № 5, текущаго года.

Страница 67	Строка 17 снизу
вмѣсто	слѣдуетъ читать
7000 R (Реомюра)	7000 F (Фаренгейта)

Редакторъ А. И. Смирновъ.



Александръ Степановичъ Поповъ,

† 31 декабря 1905 года.