

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Методъ изслѣдованія переменныхъ токовъ при помощи $\cos\varphi$.

Статья Инженера Н. А. Жданова.

Изъ теории переменныхъ токовъ извѣстно, что если въ цѣпи существуетъ синусоидальная электродвижущая сила $e = E \sin \omega t$, то сила тока, циркулирующая въ цѣпи, будетъ

$$i = J \sin (\omega t - \varphi)$$

или

$$i = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin (\omega t - \varphi) \dots (1)$$

Въ этихъ формулахъ $\omega = 2\pi n$, причѣмъ n есть частота, R —полное сопротивление цѣпи, L —коэффициентъ самоиндукціи, а уголъ φ опредѣляется уравненіемъ

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R} \dots (2)$$

Этотъ уголъ есть уголъ отставанія фазы тока отъ фазы электродвижущей силы, дѣйствующей въ цѣпи.

Формула (1) есть ни что иное, какъ выраженіе закона Ома для переменныхъ токовъ. Въ самомъ дѣлѣ, изъ формулы (2) имѣемъ

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}};$$

поэтому формулу (1) можно написать такъ

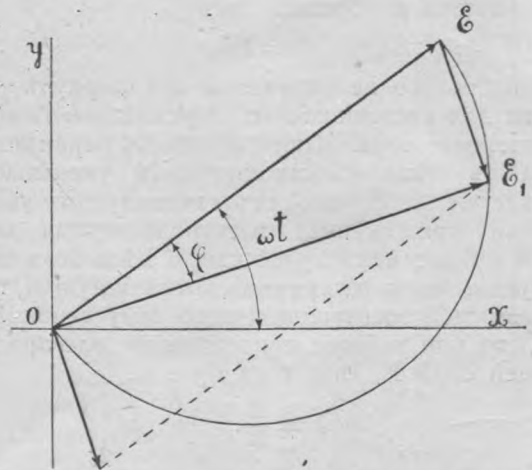
$$i = \frac{E \cos \varphi}{R} \sin (\omega t - \varphi)$$

или, полагая $E \cos \varphi = E_1$, получимъ

$$i = \frac{E_1 \sin (\omega t - \varphi)}{R}.$$

Послѣдняя формула выражаетъ законъ Ома. Она показываетъ, что въ цѣпи дѣйствуетъ синусоидальная электродвижущая сила $E_1 \sin (\omega t - \varphi)$, отличающаяся отъ приложенной электродвижущей силы $E \sin \omega t$ какъ величиной амплитуды, такъ и фазой: E_1 отстаетъ отъ E на уголъ φ . Итакъ первоначальная электродвижущая сила E обратилась въ $E_1 = E \cos \varphi$. Причиной этому, какъ извѣстно, надо считать другую

электродвижущую силу, появившуюся въ цѣпи—именно электродвижущую силу самоиндукціи $e_s = \omega L J \sin (\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}) = E \sin \varphi \cdot \sin (\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2})$. Эта сила отстаетъ отъ первоначальной электродвижущей силы E на уголъ $\varphi + \frac{\pi}{2}$, а отъ тока на уголъ $\frac{\pi}{2}$. Она, во-первыхъ, уменьшаетъ первоначальную электродвижущую силу E въ $\cos \varphi$ разъ и во-вторыхъ, сдвигаетъ ее на уголъ φ назадъ сравнительно съ электродвижущей силой E . Графическое изображеніе этихъ электродвижущихъ силъ вполне уясняетъ все сказанное (фиг. 1).



Фиг. 1.

Пусть OE будетъ изображать амплитуду электродвижущей силы E . Электродвижущая сила самоиндукціи, изображенная векторомъ $E \sin \varphi$, сдвигаетъ равнодѣйствующую электродвижущую силу на уголъ φ , опредѣляемый уравненіемъ

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R}$$

и, слѣдовательно, въ цѣпи будетъ дѣйствовать электродвижущая сила $E \cos \varphi$, которая и образуетъ въ цѣпи токъ, обратно пропорціональный сопротивленію R .

Мы имѣли

$$E_1 = E \cos \varphi$$

откуда

$$\cos\varphi = \frac{E_1}{E}$$

т. е. $\cos\varphi$ есть отношение равнодѣйствующей электродвижущей силы къ первоначально приложенной. Поэтому $\cos\varphi$ скорѣе слѣдуетъ называть коэффициентомъ напряженія, а не коэффициентомъ мощности.

Въ формулѣ Ома для переменныхъ токовъ $i = \frac{E_1}{R} \sin(\omega t - \varphi)$ или въ дѣйствующихъ величинахъ

$$J = \frac{E_1}{R}$$

какъ видимъ, нѣтъ такой величины, которую необходимо было бы называть кажущимся сопротивленіемъ $\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ или кажущейся проводимостью $\frac{1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$.

Кромѣ того, эта формула даетъ возможность правильно понимать формулу мощности

$$W = J E \cos\varphi \quad \dots \quad (3)$$

гдѣ J и E изображаютъ дѣйствующія значенія силы тока и электродвижущей силы. Здѣсь $\cos\varphi$ относится не къ J , а къ E , такъ что, пользуясь прежними обозначеніями, мы формулу мощности можемъ изобразить такъ

$$W = J E_1,$$

что нисколько не отличается отъ формулъ мощности для постоянного и переменнаго безындукціоннаго тока. Итакъ, мощность переменнаго тока въ цѣпи съ самоиндукціей уменьшается вслѣдствіе того, что отъ самоиндукціи уменьшается приложенная электродвижущая сила. Если мы возьмемъ ту же самую цѣпь безъ самоиндукціи, напр. распрямимъ витки катушки, производившей электродвижущую силу самоиндукціи, то при той же приложенной электродвижущей силѣ E , сила тока будетъ

$$J = \frac{E}{R}.$$

При самоиндукціи и при электродвижущей силѣ E сила тока будетъ

$$J_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{E \cos\varphi}{R},$$

т. е. сила тока уменьшилась въ $\cos\varphi$ разъ. Слѣдовательно, мощность переменнаго тока въ цѣпи съ самоиндукціей будетъ

$$J_1 E_1 = J \cos\varphi E \cos\varphi = J E \cos^2\varphi,$$

т. е. мощность уменьшится пропорціонально квадрату косинуса.

Слѣдуетъ замѣтить, что практическое сравненіе мощности альтернаторовъ при индукціонной и безындукціонной нагрузкахъ дѣлается, принимая во вниманіе $\cos\varphi$ только въ первой степени, но при этомъ и изслѣдуемый вопросъ ставится инымъ образомъ, а именно послѣдній

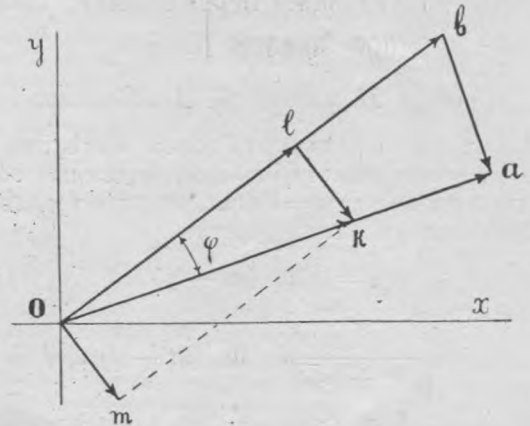
вопросъ можно выразить такъ: какую мощность возможно развить при индукціонной и безындукціонной нагрузкахъ и при одномъ и томъ же J . Какъ видимъ, въ послѣднемъ случаѣ J постоянное, а R переменное, въ первомъ же мы предполагаемъ R постояннымъ.

Возьмемъ выраженіе мощности

$$W = J E \cos\varphi = J E_1.$$

Посмотримъ, что будетъ, если въ немъ отнестимъ $\cos\varphi$ къ J .

Пусть на фиг. 2 oa будетъ напряженіе E_1 ; раздѣляя E_1 на R можно построить J . Пусть ok будетъ это J . Проектируя ok на ob , изобра-



Фиг. 2.

жающее первоначальную электродвижущую силу E , получимъ $ol = J \cos\varphi$. Если умножимъ эту величину на $ob = E$, то и получимъ мощность

$$W = J \cos\varphi E,$$

т. е. какъ будто бы отъ дѣйствія самоиндукціи токъ J уменьшился въ $\cos\varphi$ разъ, причемъ электродвижущая сила осталась та же самая. На самомъ дѣлѣ, какъ извѣстно, по цѣпи идетъ токъ J , а не $J \cos\varphi$. Слѣдовательно, остается искусственно предположить, что есть еще токъ $J \sin\varphi$, перпендикулярный къ току $J \cos\varphi$ и дающій вмѣстѣ съ нимъ равнодѣйствующую J . Часть тока $J \sin\varphi$ называется безваттнымъ токомъ, т. е. токомъ не производящимъ работы. Однако эти опредѣленія и названія чисто условныя, ибо все-таки по цѣпи идетъ токъ J и притомъ онъ производитъ нагреваніе въ цѣпи $J^2 R$, т. е. этотъ токъ вполне ваттный.

Необходимость ввести понятіе о безваттномъ токѣ оправдывается исключительно только тѣмъ, что вслѣдствіе желанія принять электродвижущую силу E за дѣйствующую въ цѣпи, пришлось уменьшить насильственно силу тока J , чтобы сохранить формулу мощности.

Такимъ образомъ отнесеніе коэффициента напряженія $\cos\varphi$ къ напряженію E рациональнѣе и правильнѣе.

Вообще мы должны признать, что безваттные токи могутъ существовать только, какъ величины

воображаемая на подобие мнимых (какъ это развивается въ символическомъ методѣ) и что конкретно безваттнго тока мы получить не можемъ.

Замѣтимъ еще, что существуетъ другое понятие о безваттныхъ токахъ, которые съ большимъ правомъ могутъ быть названы таковыми. Возьмемъ формулу Ома

$$J = \frac{E \cos \varphi}{R}$$

и предположимъ, что R стремится къ нулю; тогда въ предѣлѣ

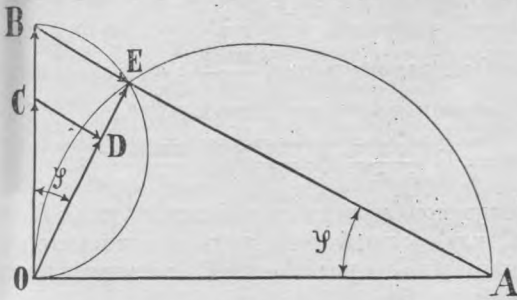
$$J = \frac{E}{\omega L}$$

т. е. если сопротивление R равно нулю, то токъ въ цѣпи будетъ равенъ $\frac{E}{\omega L}$. Этотъ токъ будетъ истинно безваттный*), такъ какъ очевидно въ цѣпи, не имѣющей сопротивленія, онъ можетъ произвести только нулевую работу $J^2 R$, ибо $R=0$. Однако на практикѣ не существуетъ такого сопротивления; поэтому и истинный безваттный токъ можно считать таковымъ только приблизительно при сопротивленияхъ настолько малыхъ, что ими можно пренебречь.

По методу косинуса φ можно изложить всю теорію переменныхъ токовъ.

Напримѣръ,

1. Въ книгѣ Беделля и Грегора**) дана діаграмма для изслѣдованія измѣненія силы переменнаго тока J отъ измѣненія или R, или L. Приложимъ къ этой діаграммѣ методъ косинуса φ (фиг. 3).



Фиг. 3.

Пусть $OC=E$, $OD=E_1$; тогда уголъ COD будетъ угломъ φ . Раздѣляя E_1 на R, получимъ силу тока $OE=J$. Если черезъ точку E проведемъ перпендикуляръ BA къ OE, а черезъ точку O перпендикуляръ OA къ OB, то оба эти перпендикуляра пересѣкутся въ точкѣ A. Уголъ при A равенъ углу φ . Изъ треугольниковъ OCD и OBE, найдемъ, что $OB = \frac{E}{R}$. Изъ треугольника OBA найдемъ, что

$$OB = OA \operatorname{tg} \varphi$$

*) Иногда называемый намагничивающимъ токомъ (Magnetisierungsstrom).

**) Bedell und Gregore. Theorie der Wechsel-Ströme.

или

$$\frac{E}{R} = OA \operatorname{tg} \varphi.$$

$$\text{Но } \operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R},$$

слѣдовательно,

$$OA = \frac{E}{\omega L},$$

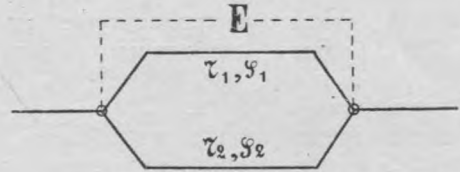
т. е. OA не зависитъ отъ R. Итакъ линия OA остается постоянной, если будемъ измѣнять R. Поэтому векторъ тока, измѣняясь при измѣненіи R, будетъ описывать точкой E полуокружность OA и, при $R=0$, токъ $J=OA = \frac{E}{\omega L}$.

Если R постоянно, а L измѣняется, то $OB = \frac{E}{R}$ остается постояннымъ и по уравненію

$$J = \frac{E}{R} \cos \varphi,$$

мы видимъ, что J измѣняется пропорціонально съ $\cos \varphi$, т. е. что точка E описываетъ полуокружность BO. При $\cos \varphi = 0$, т. е. при $\varphi = 90^\circ$, $J=0$, а другой катетъ BE будетъ равенъ $\frac{E}{R}$, т. е. OB, но направленъ въ обратную сторону. Можно подобное же изслѣдованіе произвести и для $\cos \varphi = 1$.

2. Развѣтвленные токи. Возьмемъ электрическую цѣпь съ развѣтвленіемъ тока на двѣ



Фиг. 4.

вѣтви. Пусть въ вѣтвяхъ цѣпи находятся катушки съ самоиндукціями L_1 и L_2 , такъ что токи въ этихъ вѣтвяхъ будутъ

$$J_1 = \frac{E \cos \varphi_1}{r_1} \text{ и } J_2 = \frac{E \cos \varphi_2}{r_2} \quad (4)$$

гдѣ E есть электродвижущая сила, приложенная въ узлахъ развѣтвленія, r_1 и r_2 —сопротивленія вѣтвей. Чтобы опредѣлить полную силу тока въ подводящихъ проводникахъ можно или аналитически сложить мгновенныя значенія токовъ, или сдѣлать это сложеніе графически. Для простоты возьмемъ второй способъ. Изобразимъ J_1 и J_2 на диаграммѣ векторами OC и OD (фиг. 5). Между этими векторами будетъ уголъ

$$\varphi_0 = \varphi_2 - \varphi_1.$$

Складывая геометрически оба вектора, получимъ параллелограммъ OCED съ діагональю OE.

Изъ треугольника OCE имѣемъ

$$J = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + 2J_1 J_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}.$$

Cos ($\varphi_2 - \varphi_1$) показываетъ, что при $\varphi_2 = \varphi_1$, т. е. при равенствѣ $\frac{L_1}{r_1}$ и $\frac{L_2}{r_2}$ будемъ имѣть

$$J = J_1 + J_2.$$

Во всѣхъ же остальныхъ случаяхъ сумма токовъ въ развѣтвленіяхъ больше, чѣмъ полный токъ J.

Проекціи сторонъ треугольника OCE на направление OB дадутъ намъ

$$J_1 \cos \varphi_1 + J_2 \cos \varphi_2 = J \cos \varphi;$$

откуда

$$\cos \varphi = \frac{J_1 \cos \varphi_1 + J_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{J_1^2 + J_2^2 + 2J_1 J_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}$$

Принимая во вниманіе уравненія (4) найдемъ $\cos \varphi =$

$$= \frac{\frac{\cos^2 \varphi_1}{r_1} + \frac{\cos^2 \varphi_2}{r_2}}{\sqrt{\frac{\cos^2 \varphi_1}{r_1^2} + \frac{\cos^2 \varphi_2}{r_2^2} + \frac{2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{r_1 r_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}} = \frac{r_2 \cos^2 \varphi_1 + r_1 \cos^2 \varphi_2}{\sqrt{r_2^2 \cos^2 \varphi_1 + r_1^2 \cos^2 \varphi_2 + 2r_1 r_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}$$

Послѣднее выраженіе при $\varphi_2 = \varphi_1$ обращается въ

$$\cos \varphi = \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$$

т. е. въ этомъ случаѣ общій сдвигъ электродвижущей силы въ цѣпи равенъ сдвигу въ отвѣтвленіяхъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ изъ диаграммы видно, что уголъ $\varphi_1 < \varphi < \varphi_2$ и что, слѣдовательно, общій сдвигъ электродвижущей силы не можетъ быть больше наибольшаго сдвига въ отвѣтвленіяхъ, а также онъ не можетъ быть и меньше наименьшаго сдвига.

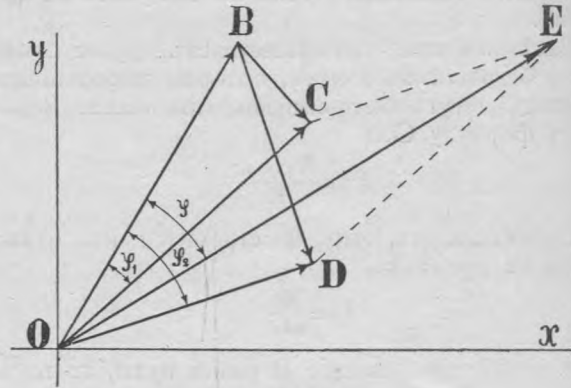
3. Рѣшимъ ту же задачу въ общемъ видѣ. Пусть имѣется n отвѣтвленій, по которымъ идутъ токи $J_1, J_2 \dots J_n$. Косинусы этихъ вѣтвей суть $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2 \dots$ и т. д., а сопротивления $r_1, r_2 \dots r_n$. Тогда

$$J_1 = \frac{E \cos \varphi_1}{r_1}, J_2 = \frac{E \cos \varphi_2}{r_2}, J_3 = \frac{E \cos \varphi_3}{r_3}, \dots$$

Всѣ эти токи, умноженные на сопротивления, представлены на фиг. 6 векторами, имѣющими начало въ началѣ координатъ, а концы на дугѣ круга напряженій E.

Чтобы найти, чему же будетъ равенъ полный токъ, входящій съ одной стороны въ эти развѣтвленія и выходящій изъ другого конца, мы можемъ примѣнить или методъ прямоугольныхъ координатъ, или символическій методъ по сущности ничѣмъ впрочемъ не отличающійся въ данномъ случаѣ отъ перваго метода*), т. е. спроектируемъ всѣ токи на направление OE и затѣмъ на направленіе перпендикулярное къ послѣднему. Складывая затѣмъ всѣ проекціи одного и другого направленія, получимъ ортогональныя проекціи равнодѣйствующей всѣхъ токовъ, т. е.

проекціи того тока, который проходитъ по всей цѣпи.



Фиг. 5.

Проекціи эти будутъ:

$$E \frac{\cos \varphi_1 \sin \varphi_1}{r_1}, E \frac{\cos \varphi_2 \sin \varphi_2}{r_2}, E \frac{\cos \varphi_3 \sin \varphi_3}{r_3} \dots$$

Если обозначимъ полный токъ черезъ J, а уголъ сдвига его фазы относительно E черезъ φ , то

$$J \cos \varphi = E \left(\frac{\cos^2 \varphi_1}{r_1} + \frac{\cos^2 \varphi_2}{r_2} + \frac{\cos^2 \varphi_3}{r_3} + \dots \right)$$

$$J \sin \varphi = E \left(\frac{\cos \varphi_1 \sin \varphi_1}{r_1} + \frac{\cos \varphi_2 \sin \varphi_2}{r_2} + \dots \right)$$

Но выраженія вида

$$\frac{\cos \varphi_1 \sin \varphi_1}{r_1}$$

можно замѣнить, какъ видно изъ чертежа, на которомъ нанесенъ кругъ сопротивленій цѣпи Ox_1 , равными имъ $\frac{\sin^2 \varphi_1}{x_1}$, гдѣ x_1 означаетъ реакцію отвѣтвленія r_1 , такъ что

$$J \sin \varphi = E \left(\frac{\sin^2 \varphi_1}{x_1} + \frac{\sin^2 \varphi_2}{x_2} + \frac{\sin^2 \varphi_3}{x_3} + \dots \right)$$

Пользуясь проекціями полного тока J, найдемъ, какъ самый токъ, такъ и сдвигъ его фазы относительно приложенной электродвижущей силы, а именно

$$J = E \sqrt{\left(\sum_1^n \frac{\cos^2 \varphi_k}{r_k} \right)^2 + \left(\sum_1^n \frac{\sin^2 \varphi_k}{x_k} \right)^2}$$

а

$$tg \varphi = \frac{\sum_1^n \frac{\sin^2 \varphi_k}{x_k}}{\sum_1^n \frac{\cos^2 \varphi_k}{r_k}}$$

или вводя принятія за границей обозначенія

$$\frac{\cos^2 \varphi}{r} = g \text{ (Konduktanz)}$$

$$\frac{\sin^2 \varphi}{x} = b \text{ (Suszeptanz)}$$

напишемъ тѣ же самыя формулы въ видѣ

$$J = E \sqrt{(\sum_1^n g_k)^2 + (\sum_1^n b_k)^2}$$

*) См. мой переводъ Штейнметца. Теоретическія основанія электротехники.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum_1^n b_k}{\sum_1^n g_k}$$

$$\cos \varphi = \frac{\sum_1^n g_k}{\sqrt{(\sum_1^n g_k)^2 + (\sum_1^n b_k)^2}}$$

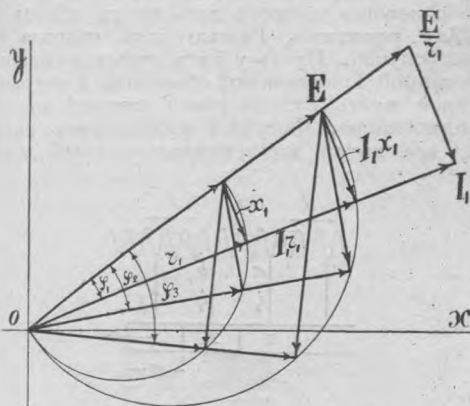
Очевидно, что если $\varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n$, то $\cos \varphi = \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \dots = \cos \varphi_n$.

Пусть $\cos \varphi_1$ в выражении общего косинуса есть наименьший, а $\cos \varphi_n$ — наибольший. Тогда если бы все косинусы были равны $\cos \varphi_1$ или $\cos \varphi_n$, то и общий косинус был бы равен $\cos \varphi_1$ или $\cos \varphi_n$. Поэтому, если все остальные косинусы заключаются по своей величине между $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_n$, то общий косинус будет равен некоторой промежуточной величине между $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_n$, т. е. общий косинус разветвления не может быть больше наибольшего из косинусов и меньше наименьшего.

4. Резонанс токов. Возьмем два разветвления (фиг. 4). Пусть общий ток равняется J , а токи в разветвлениях будут

$$J_1 = \frac{E \cos \varphi_1}{r_1} \text{ и } J_2 = \frac{E \cos \varphi_2}{r_2}$$

и в первом ответвлении имеется емкость, а во втором — самоиндукция.



Фиг. 6.

Так как $J = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + 2J_1 J_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ то J становится равным J_1 , когда

$$\frac{E \cos \varphi_1}{r_1} = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + 2J_1 J_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

или

$$\frac{\cos \varphi_1}{r_1} = \sqrt{\left(\frac{\cos \varphi_1}{r_1}\right)^2 + \left(\frac{\cos \varphi_2}{r_2}\right)^2 + \frac{2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{r_1 r_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

что приводит к следующему условию существования этого явления

$$\left(\frac{\cos \varphi_2}{r_2}\right)^2 + \frac{2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{r_1 r_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 0$$

или сокращая

$$\frac{\cos \varphi_2}{r_2} + \frac{2 \cos \varphi_1}{r_1} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 0.$$

Отсюда

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -\frac{1}{2} \frac{\frac{\cos \varphi_2}{r_2}}{\frac{\cos \varphi_1}{r_1}} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r_1^2 + x_1^2}{r_2^2 + x_2^2}}$$

Это есть условие, при котором один из токов, именно J_1 , становится равным J . Если и другой ток J_2 тоже равен J , то получим также

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1/2 \sqrt{\frac{r_1^2 + x_2^2}{r_1^2 + x_1^2}}$$

т. е. в этом случае $r_1^2 + x_1^2 = r_2^2 + x_2^2$ и следовательно

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -\frac{1}{2}$$

и

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 120^\circ.$$

Так как общий ток J можно представить диагональю параллелограмма со сторонами J_1 и J_2 , то для равенства всех этих токов условие

$$r_1^2 + x_1^2 = r_2^2 + x_2^2$$

есть необходимое, но недостаточное. Должно еще быть

$$2\pi n L = \frac{1}{2\pi n C}$$

откуда

$$r_1 = r_2$$

т. е. все три тока будут равны, если равны сопротивления ответвлений, и реакция самоиндукции одной ветви равна реакции емкости другой ветви. Так как угол φ , как угол реакции емкости отрицательный, то

$$\varphi_2 = -\varphi_1 = 60^\circ,$$

т. е. токи J_1 и J_2 составляют ромб с диагональю J , разделяющей угол $\varphi_2 - \varphi_1 = 120^\circ$ пополам.

При дальнейшем увеличении углов φ_2 и φ_1 , т. е. увеличении реакций ветвей и уменьшении сопротивлений в них, токи в ветвях будут больше, чем общий ток J и наконец при $\varphi_2 = -\varphi_1 = 90^\circ$, получим

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$$

и следовательно

$$J = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + 2J_1 J_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = J_1 - J_2 = 0$$

а

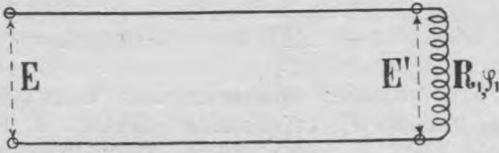
$$J_1 = J_2 = \frac{E \cos \varphi_1}{r_1} = \frac{E}{\omega L} = \frac{E}{1/\omega C}$$

т. е. общий ток в подводящих проводах интерферируется в ноль, а в кольце разветвления будет кругом циркулировать ток силой

$$\frac{E}{\omega L}$$

5. Падение напряжения в цепях переменного тока с косинусом φ (фиг. 7).

Возьмем цепь с косинусом φ , характеризующимся величинами L и C . Пусть напряжение у



Фиг. 7.

зажимовъ будетъ E . Если при этомъ напряжении идетъ по цепи токъ J , то

$$J = \frac{E \cos \varphi}{R},$$

гдѣ R есть полное омическое сопротивление цепи, считая отъ точки приложения электродвижущей силы E .

Во всякомъ другомъ мѣстѣ цепи напряжение будетъ иное. Точно также изменится и сопротивление, и косинусъ, но токъ останется тотъ же самый. Следовательно, въ какомъ либо другомъ мѣстѣ цепи напряжение будетъ, напр. E' , а косинусъ $\cos \varphi_1$ и сопротивление будетъ R_1 , такъ что

$$J = \frac{E' \cos \varphi_1}{R_1}$$

Падение напряжения между этими двумя пунктами цепи будетъ равно

$$E - E' = J \left[\frac{R}{\cos \varphi} - \frac{R_1}{\cos \varphi_1} \right]$$

Эта формула есть общая формула для всѣхъ случаевъ, какъ постоянного, такъ и переменного токовъ, такъ какъ въ нее входятъ всѣ данныя цепи: сопротивления, коэффициенты самоиндукции и емкости. Если какая либо изъ этихъ величинъ изменится или обращается въ нуль, то соответственно изменится и выражение въ скобкахъ.

Выражение въ скобкахъ можно написать и подъ видомъ кажущихся сопротивлений, тогда

$$E - E' = J \left[\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} - \sqrt{R_1^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \right]$$

Когда цепь имѣетъ самоиндукцию и емкость, то при достаточно большихъ ωL и $\frac{1}{\omega C}$ второй членъ въ скобкахъ можетъ возрасти до очень большой величины, если напряжение E' взять между зажимами либо емкости, либо самоиндукции.

Падение напряжения въ этомъ случаѣ можетъ быть отрицательное, т. е. напряжение будетъ не меньше приложеннаго, а больше.

Изъ предыдущаго ясно, что пользуясь поня-

тиемъ о $\cos \varphi$, а также и действительными явлениями, происходящими въ цепи переменного тока, мы можемъ обойтись безъ искусственныхъ понятий о кажущемся сопротивленіи, кажущейся проводимости, проводимости ваттнаго тока (Konduktanz), проводимости безваттнаго тока (Suszeptanz) и о самомъ ваттномъ и безваттномъ токтѣ.

Вышеописанный методъ изслѣдованія переменныхъ токовъ поэтому можно назвать методомъ косинуса φ .

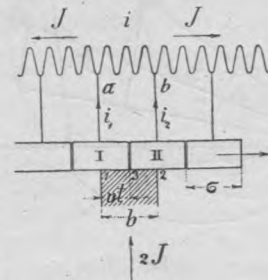
Ник. Ждановъ.

Къ теоріи коллекторныхъ машинъ.

Статья Пихельмейера.

Мощность машинъ съ коллекторомъ ограничена, во-первыхъ, нагреваеміемъ ея и, во-вторыхъ, искрообразованиемъ. Первая причина почти совершенно уничтожена при помощи вентилирующихъ приспособлений, но вторая причина остается и до сихъ поръ въ полной силѣ. Поэтому не безинтересно будетъ рассмотретьъ теоретически явления, происходящія на коллекторѣ.

Прежде всего нужно сказать, что причины искрообразования неисчислимы. Настоящая статья совершенно не касается первой группы, такъ какъ устраненіе этихъ причинъ является дѣломъ заводовъ, строящихъ машины. Между тѣмъ, теоретическое рассмотрениеъ электрическихъ, такъ сказать, причинъ искрообразования можетъ дать много цѣнныхъ указаний для практики. Рассмотримъ сначала самый простой случай. Пусть у насъ имѣется машина съ обыкновенной Граммовской обмоткой, и ширина щетокъ ея b пусть будетъ равна ширинѣ коллекторныхъ пластинокъ. Фигура 8 изображаетъ развернутый въ плоскости коллекторъ, который движется



Фиг. 8.

слѣва направо; I—коллекторная пластинка подходящая подъ щетку, а II—уходящая. Обозначимъ черезъ J —половину тока проходящаго черезъ якорь, черезъ i_1 и i_2 изменяющіеся токи въ коллекторныхъ соединеніяхъ, черезъ R_s —сопротивленіе части обмотки ab , черезъ R_v —сопротивленіе коллекторныхъ соединеній. R_c пусть будетъ контактнымъ сопротивленіемъ съ коллектора на щетку, когда щетка вполне покрываетъ одну пластину его. Токъ i определяется 3 электродвижущими силами: омическимъ напряженіемъ, электродвижущей силой самоиндукции и электродвижущей силой, являющейся вслѣдствіе индукции поля. Предположимъ сначала, что коллекторъ вращается чрезвычайно медленно. Тогда остается только омическое напряженіе; мы предположимъ также сначала, что сопротивленіе замкнутой на короткую часть обмотки плось сопротивленія ея сое-

динений съ коллекторомъ, т. е. $R_s + 2R_v$ будетъ ничтожно мало въ сравненіи съ R_1 , т. е. контактнѣмъ сопротивленіемъ. Время, въ теченіе котораго часть обмотки остается замкнутой на короткую, мы будемъ считать съ того момента, когда край щетки i покроетъ изоляцію 3. Для этого момента i_2 равно $2J$, i_1 равно нулю. Въ какой нибудь моментъ черезъ промежутокъ времени t отъ того момента, когда обмотка была замкнута на короткую, мы имѣемъ

$$i_1 = 2J \frac{F_1}{b_1 b} = 2J \frac{t}{T}$$

$$i_2 = 2J \frac{F_2}{b_1 b} = 2J \frac{t}{T}$$

$$i_2 = J - i_1 = J - 2J \frac{T-t}{T}$$

гдѣ $b_1 b$, полная поверхность щетки, а F_1 и F_2 изменяющія части этой поверхности. Въ этомъ случаѣ плотность тока на обѣихъ частяхъ поверхности одинакова, такъ какъ

$$\frac{i_1}{F_1} = \frac{2J}{b_1 b} = \frac{i_2}{F_2}$$

Въ этомъ простѣйшемъ случаѣ коммутация происходитъ вслѣдствіе дѣйствія измененія контактнаго сопротивленія.

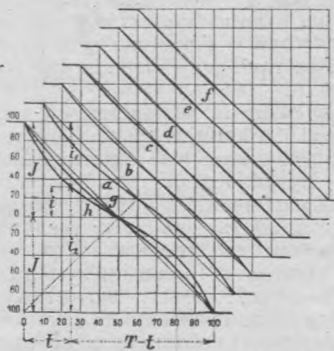
Пойдемъ теперь дальше и не будемъ уже считать сопротивление $R_s + 2R_v$ малымъ въ сравненіи съ R_1 ; тогда для замкнутой на короткую части цѣпи по законамъ Кирхгофа мы имѣемъ

$$-R_s i - R_v (J + i) - \frac{R_1 T}{T} (J + i) + \frac{R_1 T}{t} (J - i) + R_v (J - i) = 0$$

откуда

$$i = \frac{J \cdot (T - 2t)}{\frac{R}{R_1} \cdot \frac{t}{T} (T - t) + T} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Это представляетъ общее уравненіе коммутации, происходящей вслѣдствіе омическаго сопротивленія. Фиг. 9 представляетъ нѣсколько кривыхъ вычисленныхъ по уравненію (1) для различныхъ машинъ.



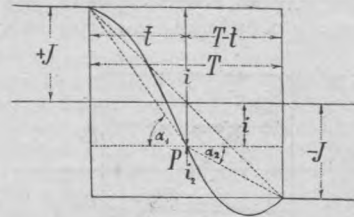
Фиг. 9.

Кривыя отъ a до f вычислены для машинъ съ угольными щетками, а кривыя g и h для одной машины съ металлическими щетками. На этихъ кривыхъ мы видимъ, что всѣ онѣ за исключеніемъ кривой h весьма мало отклоняются отъ прямой линіи. Изъ уравненія перваго мы видимъ, что это отклоненіе тѣмъ меньше, чѣмъ меньше $\frac{R}{R_1}$.

Пойдемъ теперь еще дальше и положимъ, что щетка шире, чѣмъ пластинка коллектора.

Весьма легко показать, что и въ этомъ случаѣ кривая контактнаго сопротивленія весьма мало отличается отъ прямой линіи. Мы будемъ, слѣдовательно, полагать, что при безконечно медленномъ вращеніи якоря въ этомъ случаѣ коммутация является также вслѣдствіе омическаго сопротивленія. Это весьма важно, такъ какъ при этой формѣ кривой контактнаго сопротивленія, какъ мы видѣли, плотности тока постоянны и вслѣдствіе этого невозможно искрообразование, такъ какъ въ этомъ случаѣ развивается минимальное количество тепла.

Разсмотримъ теперь болѣе общій случай кривой контактнаго сопротивленія, какъ это представлено на фиг. 10. Искрообразование наступитъ тогда, когда плотности тока на краяхъ уходящей и подхо-



Фиг. 10.

дящей пластинокъ коллектора будутъ значительны. Разсмотримъ сначала, какъ по кривой можно судить о плотности тока. Возьмемъ на кривой точку P ; поверхность соприкосновенія уходящей пластинки коллектора со щеткой будетъ, очевидно,

$$F_2 = b_1 b \frac{T-t}{T};$$

точно также поверхность соприкосновенія подхо- дящей пластинки коллектора въ моментъ времени t будетъ

$$F_1 = b_1 b \frac{t}{T}.$$

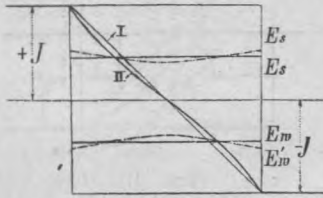
Поэтому среднія плотности тока на поверхностяхъ F_1 и F_2 будутъ въ моментъ времени t

$$s_1 = \frac{i_1}{F_1} \quad s_2 = \frac{i_2}{F_2}.$$

Но изъ фиг. 10 мы видимъ, что s_1 и s_2 пропорціональны тангенсамъ угловъ α_1 и α_2 . Отсюда мы имѣемъ возможность судить о плотности тока по кривой контактнаго сопротивленія. Если мы возьмемъ точку P около самого конца пластины коллектора, то ясно, что s_2 опредѣлится значеніемъ $\frac{di}{dt}$, т. е. значеніемъ тангенса угла, составляемаго съ осью абсциссъ касательной къ кривой въ этой точкѣ. Ясно, слѣдовательно, что, если кривая составляетъ небольшой уголъ съ осью абсциссъ, то тогда плотность тока не велика, и наоборотъ, если кривая круто поднимается вверхъ, то плотности тока велики, и получается искрообразование. Этотъ пунктъ является кардинальнымъ въ теоріи коллекторовъ, и мы видимъ отсюда, что для уничтоженія искрообразования нужно стараться свести кривую контактнаго сопротивленія къ прямой линіи, такъ какъ въ этомъ случаѣ плотности тока во всякій моментъ одинаковы.

Сдѣлаемъ еще одинъ шагъ дальше и не будемъ полагать, что якорь вращается безконечно медленно. Тогда получаются еще двѣ электродвижущія силы самоиндукціи и индукціи поля. Если дана кривая контактнаго сопротивленія, то изъ нея весьма легко получить кривую самоиндукціи. Индуктированную электродвижущую силу легко также получить, зная форму поля. Кривая контактнаго сопротивленія является такимъ образомъ результирующей кривыхъ

трехъ электродвижущихъ силъ. Арнольдъ и Ми дали для этого случая рѣшеніе общаго дифференціального уравненія. Въ слѣдствіе трудности и сложности этого вопроса мы здѣсь не будемъ его касаться, а разсмотримъ только, какое вліяніе оказываютъ вновь образованія электродвижущія силы на форму кривой контактнаго сопротивленія. Самоиндукція имѣетъ стремленіе поднять кривую контактнаго сопротивленія, такъ что нужно выбирать вѣдшую электродвижущую силу такъ, чтобы уничтожить электродвижущую силу самоиндукціи. Поэтому сдвигаютъ щетки впередъ, чтобы получить обратную электродвижущую силу. Подбирая соответственнымъ образомъ сдвигъ щетокъ, можно получить электродвижущую силу, которая во все время короткаго замыканія обмотки уничтожаетъ дѣйствіе самоиндукціи. Возьмемъ, напримеръ, такой случай. Пусть кривая, какъ фиг. 11, мало отличается отъ прямой. Электродвижущая сила



Фиг. 11.

самоиндукціи будетъ все время постоянной величиной, если мы будемъ разсматривать кривую фиг. 11 какъ результирующую кривыхъ вышеуказанныхъ 3-хъ электродвижущихъ силъ. Для того, чтобы уничтожить эту электродвижущую силу, нужно обратную электродвижущую силу сдѣлать равной ей по величинѣ и обратной по направленію. Отсюда мы приходимъ къ весьма важному результату, что для безыскорной коммутации полезно создать сколь возможно постоянное магнитное поле обратнаго направленія.

Теперь является вопросъ, какъ велика можетъ быть электродвижущая сила самоиндукціи, и какая, слѣдовательно, должно быть обратная электродвижущая сила.

Прежде, чѣмъ вычислять величину самоиндукціи, нужно опредѣлить въ чемъ состоитъ эта самоиндукція.

Представимъ себѣ двухполюсную машину и разсмотримъ часть обмотки якоря, замкнутую на короткую. Всякое измѣненіе силы тока въ этой части обмотки дѣйствуетъ на магнитную цѣль машины, замкнутую ярмомъ, и на силовыя линіи, пронизывающія эту часть обмотки. Обмотки магнитовъ вмѣстѣ съ разсматриваемой частью обмотки якоря можно принять за трансформаторъ, вторичная обмотка котораго черезъ якорь замкнута на короткую, если разсматривать замкнутую на короткую часть обмотки якоря, какъ первичную обмотку. Такимъ образомъ полемъ самоиндукціи замкнутой на короткую обмотки якоря является поле силовыхъ линій проходящихъ черезъ воздухъ. Это поле можно опредѣлить и расчетомъ и опытомъ. Если питать замкнутую на короткую часть обмотки якоря переменнымъ токомъ, то изъ напряженія въ цѣпи индукторовъ и числа періодовъ легко опредѣлить самоиндукцію одного витка обмотки якоря. Маршалъ и Гобартъ дали весьма простой способъ практическаго опредѣленія коэффициента самоиндукціи. Они выражаютъ поле самоиндукціи, какъ число силовыхъ линій ξ на амперъ-витокъ. Если катушка имѣетъ n витковъ, то тогда коэффициентъ самоиндукціи равенъ

$$L = n^2 \xi 10^{-8}.$$

Отсюда средняя электродвижущая сила самоиндукціи равна

$$E_s = 2 \frac{I}{T} L J$$

независимо отъ формы кривой контактнаго сопротивленія перехода. Такимъ образомъ мы имѣемъ

$$E_s = \frac{2}{T} n^2 J \xi 10^{-8}$$

Положимъ далѣе $\xi = \zeta L_a$, гдѣ L_a —длина сердечника якоря въ сантиметрахъ. Тогда мы получаемъ

$$E_s = \frac{2}{T} L_a \zeta n^2 J 10^{-8} \dots \dots (2)$$

Въ послѣднее равенство можно также ввести и время, въ теченіе котораго часть обмотки якоря остается замкнутой на короткую, именно зная ширину щетокъ и скорость вращенія якоря. Въ простѣйшемъ случаѣ, когда щетка покрываетъ только одну пластинку коллектора, мы получаемъ

$$nJ = bA,$$

гдѣ A число амперъ-витковъ якоря на сантиметръ окружности его и b ширина щетки. Нужно замѣтить, что здѣсь идетъ рѣчь о барабанной и кольцевой обмоткахъ. Для другихъ родовъ обмотокъ нуженъ нѣкоторый предварительный расчетъ.

Далѣе, время, въ теченіе котораго часть обмотки якоря замкнута на короткую, равно $T = \frac{b}{v}$, гдѣ v скорость вращенія якоря. Подставляя величины для T и nJ въ формулу (2) получаемъ весьма важное и простое уравненіе

$$E_R = 2 \zeta n v A L_a 10^{-8}$$

Это уравненіе позволяетъ опредѣлить реакцію якоря въ томъ случаѣ, когда неизвѣстна его обмотка. Изъ всего вышесказаннаго ясно, что величина реакціи якоря, которую прежде старались сдѣлать какъ можно меньше, теперь не играетъ уже такой существенной роли, вслѣдствіе чего значительно увеличилась возможность строить машины съ коллекторами. (Z. f. Electr., 1904 г.).

НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

Дѣйствіе магнитнаго поля на слабые источники свѣта. 1 февраля этого года Поанкаре сообщилъ въ засѣданіи парижской академіи наукъ результаты опытовъ г. Гюттона надъ вліяніемъ магнитнаго поля на яркость свѣченія фосфоресцирующихъ веществъ.

Фосфоресцирующимъ экраномъ служилъ кусокъ картона, покрытый сѣрнистымъ кальціемъ въ коллодіумѣ подобно тому, какъ и въ опытахъ Блондло надъ дѣйствіемъ N—лучей. Когда такой экранъ перемѣщался вдоль намагнитченной полосы, то можно было замѣтить, что яркость свѣченія увеличивалась по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ; около середины магнитна сила свѣта достигала минимума. Чтобы устранить вліяніе N—лучей, между магнитомъ и картономъ помѣщался свинцовый экранъ. Дѣйствіе магнитна, защищеннаго экраномъ, оставалось по прежнему замѣтнымъ. Явленіе наблюдается также и въ пустотѣ, напр. если фосфоресцирующее вещество было заключено въ круковую трубку.

Затѣмъ Гюттонъ изслѣдовалъ дѣйствіе магнитнаго поля катушки, по обмоткѣ которой проходилъ постоянный токъ. Если перемѣщать сѣрнистый кальцій параллельно оси катушки съ наружной стороны, то свѣченіе становится ярче при приближеніи къ концамъ ея и слабѣеетъ возлѣ середины. Но внутри катушки, если она настолько длинна, что магнитное поле тамъ однородно, дѣйствія на фосфоресцирующій экранъ не наблюдается. Стало быть однородное магнитное поле не вліяетъ на яркость фосфоресценціи. Можно замыкать и размыкать токъ

(лишь бы сѣрнистый кальцій оставался въ области однородного поля), не вліяя на яркость свѣченія. Но въ неоднородномъ полѣ, напр. съ наружной стороны окло полюсовъ, замыканіе тока усиливаетъ фосфоресценцію. Между полюсами сильнаго электромагнита поле почти однородно, а потому размыканіе и замыканіе тока въ электромагнитѣ оказываетъ дѣйствія на экранъ лишь въ слабой степени. Но достаточно нарушить однородность поля, поднеся къ сѣрнистому кальцію желѣзную проволоку, чтобы явленіе сейчасъ же обнаружилось. Если фосфоресцирующее вещество вывести изъ междуполюснаго пространства и помѣстить въ неоднородномъ сильномъ полѣ около концовъ электромагнита, то поднесеніе проволоки вызываетъ еще болѣе рѣзкое измѣненіе въ интенсивности свѣченія.

Земное магнитное поле въ виду своей однородности не оказываетъ дѣйствія на фосфоресценцію сѣрнистаго кальція. Но если поднести проволоку изъ мягкаго желѣза, то однородность поля нарушается и фосфоресценція усиливается. Экранъ изъ свинца, помѣщенный между сѣрнистымъ кальціемъ и желѣзомъ, для предохраненія перваго отъ дѣйствія N лучей, не вліяетъ на результаты опыта. Въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ мѣдная проволока не оказываетъ никакого дѣйствія. Изъ этого ясно, что въ опытахъ Блондо земное магнитное поле, какъ однородное, не могло имѣть вліянія.

Необходимо указать на чрезвычайную чувствительность фосфоресцирующаго вещества къ самымъ слабымъ магнитнымъ вліяніямъ. Напр. токъ отъ одного элемента Даниеля съ сопротивленіемъ въ цѣпи въ 100 омъ оказываетъ еще замѣтное дѣйствіе. Если къ сѣрнистому кальцію поднести висмутовый стержень или растворъ двухлористаго желѣза, то и этого слабого измѣненія однородности земнаго магнитнаго поля достаточно, чтобы увеличить яркость свѣченія. Во вѣхъ этихъ опытахъ сѣрнистый кальцій былъ защищенъ отъ N лучей свинцовыми экранами.

Блондо показалъ, что если поднести къ глазу источникъ N лучей, то глазъ становится воспримчивѣе къ слабымъ свѣтовымъ эффектамъ: слабо освѣщенные предметы становятся лучше видимы. Гюттонъ наблюдалъ совершенно подобное же вліяніе магнитнаго поля на глазъ. Въ почти совершенно темной комнатѣ кусочки бѣлой бумаги или линіи, проведенные меломъ, становились видимы болѣе отчетливо, когда къ глазу подносили конецъ магнита, хотя и зашитаго свинцовымъ экраномъ. При перемѣщеніи около глаза длинной намагниченной иглы, слабо освѣщенные предметы были видны лучше, когда къ глазу приближали конецъ иглы, чѣмъ тогда, когда глазъ находился около нейтральной полосы. Тѣ же самые опыты могутъ быть произведены и съ токами.

Замѣтимъ, что Кельвинъ еще раньше пытался наблюдать вліяніе магнитнаго поля на функционированіе органовъ человѣческаго тѣла. Для этого былъ устроенъ большой электромагнитъ, между полюсами котораго могла помѣщаться голова наблюдателя; отрицательный результатъ этихъ опытовъ удивилъ Кельвина, который впрочемъ, остался при томъ убѣжденіи, что организмъ, помѣщенный въ сильное магнитное поле, долженъ испытывать ощутительнымъ образомъ его вліяніе. Это мнѣніе подтверждается вышеописанными опытами.

L'Industrie Électrique.

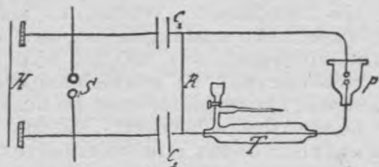
О намагничиваніи и магнетострикціи ферромагнитныхъ металловъ и сплавовъ при температурѣ жидкаго воздуха. Вліяніе жидкихъ температуръ на намагничиваніе и магнетострикцію уже изучалось Флемингомъ и Дьюаромъ, Осмондомъ и другими. Въ „Physikalische Zeitschrift“ за текущій годъ К. Honda и S. Shimizu публикуютъ свои новыя изслѣдованія этого вопроса. Результаты ихъ заключаются въ слѣдующемъ. Въ мягкомъ шведскомъ желѣзѣ, вольфрамовой стали и ник-

келѣ охлажденіе до температуры жидкаго воздуха (-186°) уменьшаетъ намагничиваніе въ слабомъ полѣ, но увеличиваетъ его въ сильномъ; въ желѣзѣ и вольфрамовой стали эти измѣненія не превышаютъ 2—3%, въ никкелѣ они достигаютъ 10%; магнитное поле, въ которомъ охлажденіе не вліяетъ на намагничиваніе, имѣетъ 115 гауссовыхъ единицъ для желѣза и вольфрамовой стали, 580 ед.—для никкеля. Въ литомъ и въ прокаленномъ кобальтѣ охлажденіе до температуры жидкаго воздуха уменьшаетъ намагничиваніе во всякомъ полѣ, притомъ въ прокаленномъ кобальтѣ гораздо больше, чѣмъ въ литомъ. Послѣ возвращенія къ обыкновенной температурѣ желѣзо, вольфрамовая сталь и никкель намагничиваются такъ-же, какъ и до охлажденія жидкимъ воздухомъ; въ кобальтѣ вызванное охлажденіемъ измѣненіе магнитнаго состоянія, отчасти сохраняется и послѣ возвращенія къ комнатной температурѣ. Въ никкелевой стали охлажденіе увеличиваетъ намагничиваніе во всякомъ полѣ, если сталь содержитъ менѣе 25% Ni; при большемъ содержаніи никкеля охлажденіе уменьшаетъ намагничиваніе въ слабомъ полѣ и увеличиваетъ его въ сильномъ; максимумъ дѣйствія оказываетъ охлажденіе на стали съ содержаніемъ 26,34% Ni; намагничиваніе усиливается почти въ 80 разъ. Если сталь содержитъ болѣе 36% Ni, то по возвращеніи ея къ обыкновенной температурѣ она приобретаетъ свою первоначальную способность намагничиванія; чѣмъ меньше никкеля, тѣмъ въ большей степени вызванное охлажденіемъ измѣненіе магнитнаго состоянія оказывается постояннымъ; сталь съ 24,40% и 24,04% Ni обладаетъ даже по возвращеніи къ комнатной температурѣ еще большимъ намагничиваніемъ, чѣмъ при охлажденіи жидкимъ воздухомъ. Магнетострикція уменьшается при охлажденіи жидкимъ воздухомъ во всякомъ полѣ въ вольфрамовой стали и шведскомъ желѣзѣ, въ первой очень мало, во второмъ сравнительно сильно; въ никкелѣ она уменьшается, если поле не сильнѣе 670 гауссовъ, и увеличивается въ противномъ случаѣ. Въ вольфрамовой стали, прокаленномъ кобальтѣ и никкелѣ при возвращеніи къ обыкновенной температурѣ возвращается первоначальная магнетострикція, въ шведскомъ желѣзѣ - нѣтъ. Вліяніе охлажденія на магнетострикцію никкелевыхъ сталей идетъ вполне параллельно вліянію на намагничиваніе.

О дѣйствіи іоновъ электролита на частицы растворителя во время электролиза. При электролизѣ а priori можно было-бы допустить, что іоны электролита, перемѣщаясь подъ дѣйствіемъ разности потенциаловъ отъ одного электрода къ другому, увлекаютъ съ собой также частицы растворителя или другого раствореннаго вмѣстѣ съ электролитомъ вещества. Для выясненія этого, не только теоретически, но также и практически интереснаго вопроса Lobry-de-Bruger произвелъ рядъ опытовъ электролиза растворовъ азотнокислаго серебра въ водномъ древесномъ спиртѣ; растворы брались различной концентрации, электролизъ производился при напряженіи 70 вольтъ въ теченіе 3—4 часовъ каждый разъ. По окончаніи электролиза опредѣлялось содержаніе метиловаго спирта у обоихъ электродовъ; это содержаніе всегда оказывалось одинаковымъ съ равнымъ содержанію спирта въ первоначально взятомъ растворѣ. Такимъ образомъ (если устранить какъ не вѣроятное допущеніе, что аніоны и катионы увлекаютъ съ собой одинаковое число частицъ спирта и воды), слѣдуетъ заключить, что перемѣщеніе іоновъ никакого перемѣщенія частицъ растворителя или другого раствореннаго вещества за собой не влечетъ. (Chemiker Zeitung, Rep. 1904).

Потери энергіи при разрядѣ искрами въ жидкихъ діэлектрикахъ. Въ виду того, что примѣненіе жидкихъ діэлектриковъ при работахъ

съ электрическими волнами получает все большее распространение, Мареска занялся определением имѣющихся при этомъ потерь энергии. Расположеніе опытовъ Мареска видно изъ слѣдующей схемы (фигура 12). *H*—представляетъ собой электрическую машину Гольца съ искровымъ промежуткомъ *S*; *C*₁ и *C*₂—два конденсатора; *K*—капиллярное жидкостное сопротивление; *T*—керосиновый термометръ Кардани; *p*—искровой микрометръ, заключенный въ сосудъ, который наполнялся изслѣдуемой жидкостью. Опыты производились такъ, что сперва оба шарика микрометра *p* приводились въ прикосновение другъ съ другомъ и вся доставляемая Гольцевской машиной



Фиг. 12.

энергии опредѣлялась калориметрически; затѣмъ искровой микрометръ устанавливался на известную длину искры и опредѣлялось измѣненіе мениска термометра для опредѣленнаго числа искръ. Такъ какъ проводники достаточно толсты, то практически вся потеря энергии сосредоточена въ термометрѣ и искровомъ микрометрѣ, такъ что зная повышеніе температуры термометра легко опредѣлить потерю энергии въ микрометрѣ. Такимъ образомъ Мареска нашелъ, что, при одинаковыхъ условіяхъ, въ водѣ теряется при разрядѣ искрами 0,21%, въ оливковомъ маслѣ 0,09%, въ керосинѣ и спиртѣ 0,15%, въ вазелиновомъ маслѣ и эфирѣ 0,08% всей энергии.

Дѣйствіе свѣта на скорость формовки аккумуляторныхъ пластинъ. Томмази уже давно замѣтилъ, что отрицательная пластина аккумулятора, подвергнутая дѣйствію свѣта, формируется скорѣй, чѣмъ безъ этого дѣйствія, при чемъ ни составъ электролита, ни температура на это явленіе не вліяютъ. Для болѣе точнаго разъясненія роли свѣта въ этомъ явленіи Томмази произвелъ слѣдующій опытъ.

Были взяты два аккумулятора системы автора изъ 3 отрицательныхъ и 2 положительныхъ пластинъ; одинъ аккумуляторъ *A* былъ выставленъ подъ дѣйствіе солнечныхъ лучей, другой аккумуляторъ *B* былъ заключенъ въ свѣтонепроницаемую коробку. Оба аккумулятора были соединены между собой и черезъ нихъ пропускался токъ въ 2,3 ампера.

Въ теченіе первыхъ 30 часовъ не было замѣтно никакой разницы между аккумуляторами *A* и *B*, но по прошествіи этого времени можно было легко замѣтить, что отрицательныя пластины аккумулятора *A* стали гораздо болѣе сѣрыми, чѣмъ у аккумулятора *B*. Этотъ фактъ указываетъ на болѣе скорую формовку пластинъ аккумулятора *A*. Многочисленные опыты дали тотъ же результатъ. Отсюда можно вывести заключеніе, что при прочих равныхъ условіяхъ отрицательныя пластины, подвергнутыя дѣйствію свѣта, формируются скорѣй, чѣмъ безъ этого дѣйствія.

Послѣ этого явился интересный вопросъ, какъ относятся положительныя пластины аккумулятора къ дѣйствію свѣта. Опыты, произведенные по вышеуказанной схемѣ, дали тотъ результатъ, что положительныя пластины аккумулятора, не подвергнутаго дѣйствію свѣта, формируются скорѣй, чѣмъ при дѣйствіи свѣта.

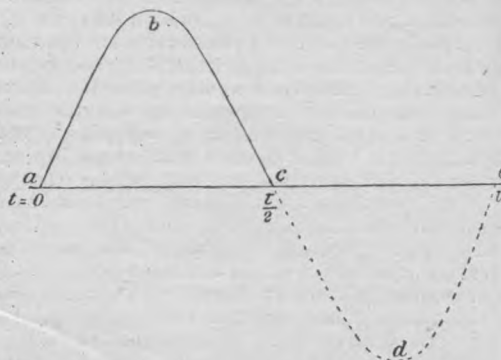
Емкость аккумуляторовъ, формованныхъ при дѣйствіи свѣта и безъ этого дѣйствія, совершенно одинакова. (Eclairage Electrique, 1904).

Распределение энергии въ искровыхъ спектрахъ металловъ. При помощи очень чувствительнаго термоэлемента А. Пфлигеръ изслѣдовалъ распределение энергии въ искровыхъ спектрахъ различныхъ металловъ въ области волнъ отъ 180 до 1500 μ длины. Искровый промежутокъ, образованный среднихъ размѣровъ катушкой съ прерывателемъ Дюпреца и параллельно включенной лейденской банкой, помѣщался непосредственно предъ щелью коллиматора 0,6 мм. ширины. Призма и чечевичка спектрометра были изъ плавиковатаго шпата (фирмы Цейсса). Термоэлементъ помѣщался въ 4-кусной плоскости зрительной трубы; между ними трубой находилась экранъ со щелью 0,6 мм. ширины. Зрительная труба наводилась, начиная съ волнъ 180 μ , промежутками отъ 1 до 5 дуговыхъ минутъ послѣдовательно на всѣ части спектра и каждое разъ отмѣчалось соответствующее отклоненіе гальванометра. Оказалось, что въ спектрахъ всѣхъ металловъ имѣется крутой максимумъ въ крайней области ультрафиолетовыхъ волнъ, большей частью ниже 260 μ ; только въ искровомъ спектрѣ магнѣ максимумомъ энергии обладаетъ тройная линия около 280 μ . Въ области максимума отклоненія гальванометра до 10 разъ превышаютъ отклоненія въ другихъ частяхъ спектра. Второй, но гораздо болѣе слабый максимумъ энергии наблюдается въ искровыхъ спектрахъ всѣхъ металловъ въ ультракрасной области между 700 и 1000 μ .

Physikalische Zeitschrift, 1904.

Опредѣленіе коэффициента кривизны (Formfactor). Подъ названіемъ коэффициента кривизны *f* понимаютъ отношеніе дѣйствующей электрической силы къ средней.

На фиг. 13 изображено послѣдовательное измѣненіе кривой напряженія *e* съ периодомъ въ τ секундъ.



Фиг. 13.

Кривая пересѣкаетъ ось вращенія въ точкахъ $t=0, \frac{\tau}{2}, \tau, \dots$. Тогда коэффициентъ кривизны можно выразить слѣдующимъ образомъ

$$f = \frac{\sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau/2} e^2 dt}}{\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau/2} e dt}$$

Въ строго синусоидальномъ токѣ дѣйствующее напряжение равно $\frac{E_{max}}{\sqrt{2}}$, а среднее напряжение —

$\frac{1}{2}$ — *E* max. Отсюда коэффициент кривизны (Formfactor) будет

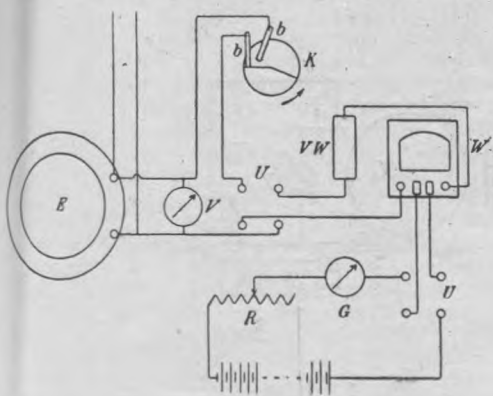
$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,111.$$

Для остальных кривых коэффициент кривизны определяется обыкновенно при помощи планиметра. Если разделить площадь, ограниченную положительной частью кривой и осью абсцисс, на длину отрезка оси абсцисс, соответствующего этой части кривой, то тогда получим среднее напряжение *a* в единицах длины. Если потом нанести кривую напряжения в полярных координатах и определить в радиусе круга, половина площади которого равна площади положительной части кривой, то эта величина *b* и будет действующее напряжение в единицах длины.

Отношение $\frac{b}{a}$ и будет коэффициент кривизны.

Этот способ в высшей степени неудобен и длителен, в особенности при определении кривых малых машин с большой самоиндукцией, у которых коэффициент кривизны изменяется с нагрузкой.

Розе и Кюнсь придумали другой способ определения этой величины. Посредством вращающегося круга с контактами, число оборотов которого в секунду равно числу периодов тока, в измерительный прибор посылается пульсирующий ток одного направления; продолжительность каждого импульса, очевидно, равна полупериоду. Среднее значение этого пульсирующего напряжения, очевидно, равно половине среднего значения переменного напряжения. Для измерения среднего значения пульсирующего напряжения был применен ваттметр, в котором катушка напряжения была приключена к цепи с пульсирующим напряжением, а через силовую катушку пропускали постоянный ток определенной силы. При таком соединении ваттметр может служить в качестве вольтметра. Если теперь разделить среднее значение напряжения, полученное обыкновенным вольтметром переменного тока, на удвоенное среднее значение, определенное при помощи ваттметра, то мы получим коэффициент кривизны. Схема соединения следующая (фиг. 14).



Фиг. 14.

E—прибор для изучения свойств железа, *K*—контактный круг, *V*—вольтметр переменного тока, *W*—ваттметр, *G*—амперметр постоянного тока. В обь цепи ваттметра включен коммутатор *U*, в главную цепь—реостат *R*, а в отвлтвление—баластное сопротивление *VW*. Контактный круг состоял из эбонитового круга в 6 сант. диаметром, на одной стороне которого находился медный сектор с углом немного болѣе 180°. Скользящя по этому

сектору щетки могут поворачиваться вмѣстѣ вь одну сторону и каждая вь отдѣльности вь противоположныя стороны.

Установка щетокъ производилась слѣдующимъ образомъ. Ихъ положеніе мѣняли до тѣхъ поръ, пока ваттметр не давалъ наибольшаго отклоненія. Это происходитъ вь томъ случаѣ, когда контактъ начинается при нулевомъ значеніи напряжения и продолжается ровно полперіода. Каждое измѣненіе какъ во времени начала контакта, такъ и вь продолжительности его можетъ только уменьшить показанія ваттметра.

Степень точности этого способа, очевидно, зависитъ отъ точности примѣняемыхъ для измѣренія приборовъ. Вслѣдствіе этого провѣрка приборовъ передъ опытомъ необходима.

Пригодность описаннаго метода была испробована на трехъ кривыхъ. Первая кривая была получена отъ динамо постоянного тока вь 10 квт., снабженной контактными кольцами и дающей вслѣдствіе этого переменный токъ. Вторая и третья отъ трехфазнаго генератора вь 3 киловатта при холостомъ ходѣ и при индукционной нагрузкѣ. Результаты этихъ измѣреній сопоставлены вь таблицѣ, вь которой приведены и значенія, полученные при помощи планиметра.

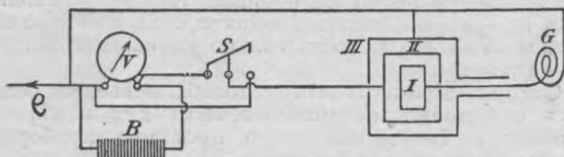
Кривая.	Коэффициент кривизны		Отклоненія.
	измѣренный	вычисленный	
Динамо пост. тока	1,131	1,129	+ 0,1%
	1,130		
	1,121		
Генераторъ трехфазн. тока	1,121	1,120	+ 0,1%
	1,122		
	1,122	1,184	— 0,3%
	1,180		
	1,312		
	1,308	1,311	— 0,2%
	1,311		
	1,309	1,314	

(E. T. Z., 1903).

ОБЗОРЪ.

Приспособленіе для точнаго калиброванія электрометровъ съ малой емкостью. Трудность точнаго определенія малыхъ емкостей обусловливается тѣмъ, что на ихъ величину большое вліяніе оказываетъ расположеніе близъ лежащихъ проводовъ, и чѣмъ меньше емкость, тѣмъ этотъ источникъ ошибокъ чувствительнѣе. Вь виду этого Гармсъ выработалъ слѣдующій способъ калиброванія электрометровъ, служащихъ для измѣренія очень малыхъ количествъ электричества. Два голыхъ металлическихъ цилиндра расположены изолированно другъ отъ друга, одинъ вь другомъ; для устраниенія внѣшнихъ вліяній оба покрыты отведеннымъ къ землѣ металлическимъ колпакомъ (фиг. 15). Если сперва внутренний цилиндръ (I) отводится къ землѣ, а внѣшній цилиндръ (II) сообщается съ однимъ полюсомъ батареи вь *V* вольтъ, второй полюсъ которой также отведенъ къ землѣ, а затѣмъ цилиндръ I разобщается съ землей, цилиндръ же II къ ней отводится, то на цилиндръ I и соединенныхъ съ нимъ приборахъ получается какъ извѣстно, потенциалъ = *c*. *V* вольтъ, гдѣ *c* означаетъ коэффициентъ наведенія (Influenzirkoeffizient) внѣшняго цилиндра на внутренний. Этотъ коэффициентъ можетъ быть, конечно вычисленъ изъ размѣровъ прибора, но Гармсъ опредѣляетъ его экспериментально двумя способами, изъ которыхъ особенно удобенъ и точенъ слѣдующій. Одинъ полюсъ батареи *V* отводится къ землѣ *l*, также какъ и одинъ изъ зажимовъ вольтметра *V*. Внутренний цилиндръ I соединяется съ отведеннымъ къ землѣ

баллистическимъ гальванометромъ системы Депре-Дарсонваля, съ чувствительностью въ среднемъ = $9,04 \cdot 10^{10}$ амперъ. Внѣшній цилиндръ II соединяется при помощи переключателя *S*, сперва съ тѣмъ зажимомъ вольтметра, который соединенъ съ батареей, затѣмъ съ тѣмъ, который отведенъ къ землѣ. Какъ гальванометръ *G*, такъ и всѣ провода, должны быть



Фиг. 15.

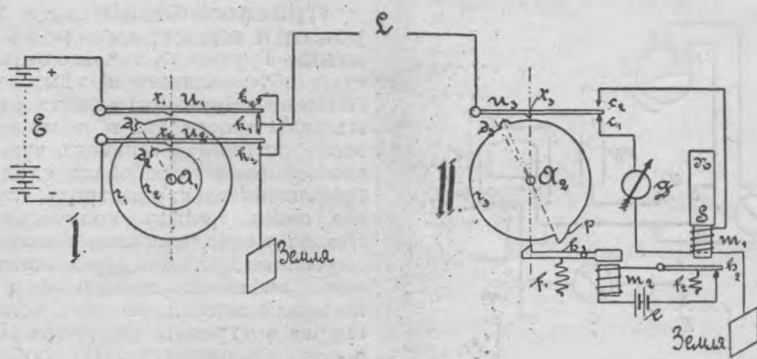
покрыты отведенными къ землѣ металлическими чехлами. Цѣлый рядъ измѣненій дали для *c* числа, которыя отступали другъ отъ друга не болѣе, какъ на 1%; найденная величина ($c=41,3$ стм.) не мѣнялась, когда состоящій изъ цилиндровъ приборъ разнимался и вновь составлялся. Для калибровки электрометра послѣдней съ одной стороны отводится къ землѣ, съ другой соединяется съ внутреннимъ цилиндромъ I, цилиндръ II заряжается нормальнымъ элементомъ на опредѣленный потенциалъ *V*, затѣмъ электрометръ изолируется, а цилиндръ II отводится къ землѣ; наблюдаемому отклоненію электрометра отвѣчаетъ количество электричества = cV . (Physik. Zeitschrift, 1904, № 2).

Простой методъ полученія синхроническихъ вращеній на двухъ различныхъ станціяхъ. При передачѣ на расстояние рисунковъ, фотографій и т. п. очень важнымъ вопросомъ является полученіе возможно точно синхроническихъ вращеній на станціяхъ отправленія и приемки. Въ „Physikalische Zeitschrift“ за 1904 г. А. Корнъ описываетъ простое приспособленіе, достигающее указанной цѣли, отличающееся отъ многихъ другихъ подобныхъ предложеній сравнительной дешевизной, а главное, тѣмъ, что оно съ успѣхомъ было уже испро-

должительной работѣ не суммировались, оборотъ, постоянно корректировались въ правліи промежутки времени. Для полученія наиболѣе постоянного вращенія лучше всего пользоваться широкимъ электродвигателемъ постоянного тока. Двигатель долженъ быть настолько силенъ, чтобы затраты энергии для вращенія вала и т. д. не отзывались на дѣйствиі. Авторъ пользуется двигателемъ въ $\frac{1}{2}$ лошадиной силы, котораго оказывается вполне достаточно даже для одновременнаго превращенія 220 ватт. переменнаго тока. Для измѣренія и регулированія скорости вращенія двигатель снабженъ двумя кольцами для отдачи переменнаго тока, соединеннымъ съ трансформаторомъ частоты тока Гартманнъ-Кемпфа. Это измѣритель основанъ на томъ извѣстномъ явленіи, что изъ ряда нѣсколькихъ настроенныхъ каждая на другое число колебаній пружинокъ та приходитъ наиболѣе сильное колебаніе подъ дѣйствіемъ электромагнита, у которой число собственныхъ колебаній наиболѣе близко совпадаетъ съ частотой питающаго электромагнита переменнаго тока. При помощи этого инструмента, если двигатель питается токомъ достаточно постояннаго напряженія (нашъ мѣръ, аккумуляторной батареи), скорость вращенія двигателя легко регулировать и держать постоянной до $\frac{1}{4}$ 0/0.

Приспособленіе для корректуры неизбежныхъ ступеней отъ полнаго синхронизма заключается слѣдующимъ (фиг. 16). *A*, представляетъ собой ось вращающагося вала r_2 станціи отправленія I, A_2 —ось вала приемной станціи II. Быстрота вращенія электродвигателей обѣихъ станцій, приводящихъ во вращеніе валы, регулирована такъ, что число оборотовъ оси $(100\frac{1}{2})$ на 1% больше числа оборотовъ оси A_1 (9).

Такимъ образомъ валъ r_3 послѣ каждого оборота долженъ быть приостановленъ на $(\frac{1}{100} + \epsilon)$ секундъ, гдѣ ϵ означаетъ отступленіе отъ синхронизма въ одну или другую сторону. Приостановка вала r_3 (насаженнаго на ось A_2 съ легкимъ треніемъ, такъ что при задержкѣ вала ось продолжаетъ свободно вращаться дальше), совершается при помощи рычага *h*, заставляющаго зубецъ *p* этого вала; рычагъ *h*, удерживается въ своемъ положеніи электромагнитомъ возбуждаемымъ мѣстной батареей *e*. Освобождается же зубецъ *p* отъ рычага *h*, тогда, когда цѣпь бат-



Фиг. 16.

бовано въ дѣлѣ. Задача полученія синхроническихъ вращеній распадается собственно на двѣ части. Во-1-хъ, требуется, чтобы валы на обѣихъ станціяхъ вращались каждый съ постоянной скоростью и чтобы скорости обѣихъ были одинаковы, если одинаковы ихъ поперечники, или же обратно пропорциональны ихъ поперечникамъ. Во 2-хъ, такъ какъ совершенно точное осуществленіе этого требованія практически невозможно, а всегда остается нѣкоторое, хотя бы и очень малое различіе въ скоростяхъ обѣихъ валовъ, необходимо, чтобы эти различія при сколько-нибудь

реи *e* размыкается; это размыканіе вызывается дѣйствіемъ на контактъ h_2 электромагнита m_1 , возбуждаемаго токомъ отъ станціи отправленія. Такимъ образомъ, при каждомъ оборотѣ вала телеграфированіе должно прерываться на короткое время (около $\frac{1}{100}$ времени оборота), для того, чтобы линия освободилась для передачи тока къ электромагниту m_2 . Это достигается слѣдующимъ образомъ. Изъ батареи *E* станціи отправленія токъ передается на приемную станцію чрезъ рычагъ u_1 , контактъ k_1 , линію *L*, рычагъ u_2 , контактъ e_1 , приемный аппаратъ *G*, землю, контактъ k_2

рычаг u_2 . Валъ r_3 , кромѣ зубца p , снабженъ крутымъ выступомъ d_3 , валъ r_1 — такимъ же зубцомъ d_1 и концентрической съ нимъ валъ r_2 — зубцомъ d_2 . Выступъ d_2 помѣщенъ такъ, что онъ приходитъ въ прикосновение и подымаетъ (черезъ зубецъ t_3) рычагъ u_3 нѣсколько раньше, чѣмъ выступы d_1 и d_2 придодымаютъ (черезъ зубцы t_1 и t_2) свои соответствующіе рычаги u_1 и u_2 . При этомъ поднятіи рычага u_3 контактъ c_1 размыкается, контактъ c_2 замыкается и токъ линіи направляется не черезъ аппаратъ G, а черезъ электромагнитъ m . Въ этотъ моментъ, однако, электромагнитъ еще не притягиваетъ къ себѣ рычага h_2 , такъ какъ направление тока линіи таково, что его дѣйствіе въ электромагнитѣ уничтожается дѣйствіемъ магнита SN. Но въ слѣдующій моментъ выступы d_1 и d_2 достигаютъ зубцовъ t_1 и t_2 и, придодымая рычаги u_1 и u_2 , мѣняютъ направление тока линіи; тогда же рычагъ h_2 притягивается электромагнитомъ, цѣпь мѣстной батареи e размыкается, пружина f_1 оттягиваетъ рычагъ h , отъ зубца p и валъ r_3 свободно захватывается и вращается валомъ A. Какъ только выступы d_1 и d_2 миновали зубцы t_1 и t_2 , а выступъ d_3 (благодаря освобожденію зубца p) — зубецъ t_1 , направление тока опять обращается и токъ вновь передается аппарату G.

Электролитическая рафинація мѣди. На состоявшемся недавно общемъ собраніи Американскаго электрохимическаго общества В. Банкрофтъ сдѣлалъ сообщеніе объ электролитической рафинаціи мѣди, заключающее въ себѣ нѣкоторыя интересныя данныя, основанныя на новыхъ изслѣдованіяхъ докладчика совмѣстно съ Швабомъ и Баумомъ. Для выясненія зависимости требуемаго напряженія тока, температуры и плотности тока опыты производились съ четырьмя различными растворами слѣдующаго состава:

- 1) 16% CuSO_4 + 9% H_2SO_4 ;
- 2) 16% CuSO_4 + 6% H_2SO_4 ;
- 3) 16% CuSO_4 + 9% H_2SO_4 + $\frac{1}{2000000}$ NaCl;
- 4) 16% CuSO_4 + 6% H_2SO_4 + $\frac{1}{2000000}$ NaCl.

Плотность тока при этомъ варіировалась отъ 1 до 4 амперъ на 1 кв. д.м., температура отъ 20 до 90°. Какъ и слѣдовало ожидать, зависимость напряженія тока отъ плотности оказалась линейной; зависимость же отъ температуры выражается кривыми, выпуклость которыхъ обращена къ оси абсциссъ (если на послѣдней откладываются температуры, на оси ординатъ — напряженія); другими словами напряжаніе электролита въ тѣмъ меньшей степени понижаетъ требуемое напряженіе, чѣмъ выше температура; притомъ интересно, что это отношеніе стоитъ съ своей стороны въ зависимости отъ плотности тока, а именно, чѣмъ плотность тока меньше, тѣмъ болѣе уменьшается благоприятное дѣйствіе напряжанія на напряженіе тока съ повышеніемъ температуры. Второй рядъ опытовъ касался зависимости полезнаго дѣйствія тока отъ его плотности. Количество тока (число амперъ-часовъ) опредѣлялось при помощи мѣднаго вольтметра съ растворомъ Эттеля (150 гр. CuSO_4 , 150 гр. H_2SO_4 и 150 гр. алкоголя въ 1 литрѣ); электролитами служили тѣ же четыре раствора, что и выше. Полезное дѣйствіе тока составляло въ общемъ около 100%, при температурахъ выше 70° оно нѣсколько уменьшалось, въ особенности при большихъ плотностяхъ тока; напримеръ, при 90° и 4 амперахъ на 1 кв. д.м. полезное дѣйствіе было 98%, при 90° и 10 амп. на 1 кв. д.м. — только 90%. При температурахъ между 50—70° полезное дѣйствіе иногда превышало 100%, доходя до 109%, что объясняется, конечно, образованіемъ, наряду съ двухвалентными, также одновалентныхъ ионовъ мѣди. Очень интересные опыты, касающіяся

того вопроса, насколько трата электрической энергіи зависитъ отъ того, производится ли электролизъ въ открытомъ сосудѣ или въ закрытомъ. Очевидно, что въ тѣхъ случаяхъ, когда электролизъ производится съ нагрѣтыми растворами, въ открытыхъ сосудахъ имѣются большія потери теплоты отъ лучеиспусканія, чѣмъ въ закрытыхъ. Эти потери идутъ на счетъ электрической энергіи и оказываются, что онѣ достигаютъ очень большихъ размѣровъ, какъ видно изъ слѣдующихъ чиселъ, показывающихъ затрату электрической энергіи въ аппаратахъ тина Балтиморскаго рафинаціоннаго завода, размѣровъ $9 \times 2 \times 2 \frac{1}{2}$ фута:

	90°	80°	70°	60°	50°
Открытый аппаратъ . . .	14500	9040	5060	3440	2060
Закрытый . . .	4760	3660	2880	2170	1450

Въ заключеніе Банкрофтъ сопоставляетъ результаты своихъ опытовъ въ особой таблицѣ, изъ которой заключаетъ, что наиболѣе выгодно производить электролитическую рафинацію мѣди при температурѣ 70°, плотности тока отъ 3 $\frac{1}{2}$ ампера на 1 кв. д.м. и въ закрытыхъ аппаратахъ.

Нѣкоторыя интересныя данныя были затѣмъ сообщены во время преній, послѣдовавшихъ за докладомъ Банкрофта. Аддиксъ замѣтилъ, что хорошіе мѣдныя осадки могутъ быть получены при любой плотности тока, если только циркуляція растворовъ достаточно энергична; но нужно имѣть въ виду, что при слишкомъ сильной циркуляціи на катодахъ выделяются также нѣкоторыя примѣси, особенно серебро; этого можно было бы, пожалуй, избѣгнуть, фильтруя циркулирующій растворъ отъ ила, что однако нигдѣ въ практикѣ еще не примѣняется. Съ другой стороны при недостаточной циркуляціи приходится очень часто мѣнять катодныя листы, такъ же, какъ и при употребленіи очень плотныхъ токовъ; такъ, въ Анакондѣ, гдѣ работаютъ съ плотностью около 120 амп. на 1 кв. метръ, катоды мѣняютъ каждые 35 дней, въ Great Falls, гдѣ плотность тока составляетъ около 430 амперъ на 1 кв. метръ, каждые два дня. По мнѣнію Аддикса, закрытые аппараты врядъ ли практичны, такъ какъ надзоръ за ними долженъ быть въ практикѣ очень труденъ.

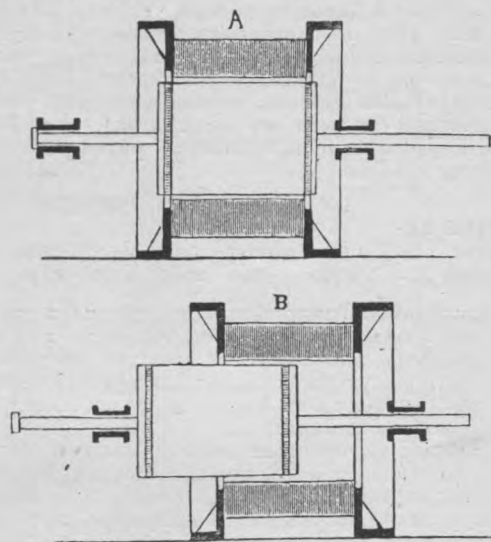
Пусканіе въ ходъ асинхронныхъ двигателей по системѣ Геліоса. Способъ электрическаго общества Геліоса значительно отличается отъ всѣхъ употреблявшихся до настоящаго времени. Онъ позволяетъ избѣгать употребленія вспомогательной обмотки и включенія сопротивленія въ цѣпь якоря. Якорь можетъ быть обмотанъ, какъ обыкновенный короткозамкнутый.

Способъ этотъ состоитъ въ слѣдующемъ:

Ось, на которой укрѣпленъ якорь, продолжена въ обѣ стороны и распложена такъ, что якорь легко можетъ передвигаться въ направленіи оси. Положимъ, что якорь находится въ своемъ нормальномъ положеніи A (фиг. 17). Какъ только пройдетъ токъ черезъ обмотку индуктора, якорь будетъ вытолкнутъ наружу и займетъ, скажемъ, положеніе B (фиг. 17).

Эта отталкивающая сила происходитъ отъ того, что являющійся вслѣдствіе индукціи въ короткозамкнутомъ якорѣ токъ, создаетъ поле одного направленія съ полемъ индуктора. Понятно, что, если бы якорь сразу находился въ положеніи B, онъ бы въ началѣ пуска въ ходъ тамъ и остался, такъ какъ отталкиваніе, происходящее вслѣдствіе вышеуказанной причины пересиливаетъ притяженіе сердечника якоря. Якорь долженъ всегда находиться въ положеніи B, когда двигатель не работаетъ. Въ самомъ дѣлѣ, если бы якорь находился въ положеніи A, то онъ не пришелъ бы во вращеніе, такъ какъ реакція якоря была бы очень сильна. Наоборотъ, въ положеніи B реакція якоря очень слаба, и достаточно небольшого толчка, чтобы онъ пришелъ во враще-

ние. Когда якорь вращается почти синхронно, индуктированный в нем ток до крайности слабъ, притяжение сердечника перевѣшиваетъ отталкивание, и якорь приходитъ въ свое прежнее положение, про-



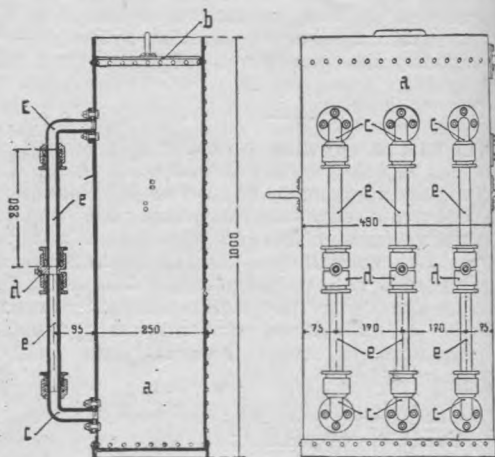
Фиг. 17.

должая въ то же время вращение. Опыты показали, что якорь приходитъ въ свое нормальное положение тогда, когда онъ достигаетъ своей нормальной скорости. (Eclairage Electr. 1903 г.).

Водяной предохранитель противъ повышения напряжения. Во многихъ случаяхъ при передачѣ токовъ высокаго напряжения оказывается необходимымъ предохранять кабели и воздушные провода отъ возможности повышенія напряжения, возникающихъ или отъ атмосферныхъ вліяній, или отъ мгновенныхъ и сильныхъ колебаній нагрузки. Это относится въ особенности къ тѣмъ случаямъ, когда передача энергии производится по сѣти, состоящей частью изъ воздушныхъ проводовъ, частью изъ вложенныхъ въ землю кабелей: въ такихъ системахъ уже нѣсколько разъ наблюдалось пробиваніе кабелей, вызванное несомнѣнно повышеніемъ напряжения. Действительно, если по проводу съ самоиндукціей L течетъ токъ силы I , то накопленная въ немъ электромагнитная энергія равна $\frac{1}{2}LI^2$. Если токъ мгновенно прерывается, то эта энергія превращается въ электростатическую величину $\frac{1}{2}CE^2$ (C —емкость провода, E —напряжение); такъ какъ, оставляя въ сторонъ потерю энергіи при этомъ превращеніи, $\frac{1}{2}CE^2$ должна быть равна $\frac{1}{2}LI^2$, то $E = I \sqrt{L/C}$. Отсюда видно, что повышение напряжения, возникающее въ проводѣ при размыканіи тока (или мгновенномъ уменьшеніи нагрузки), зависитъ, кромѣ силы тока, еще отъ отношенія самоиндукціи провода къ его емкости. Въ кабеляхъ величина этого отношенія мала, въ воздушныхъ же проводахъ довольно велика. Поэтому въ чисто кабельной проводкѣ повышение напряжения не можетъ достигнуть значительной величины; въ чисто воздушной проводкѣ оно можетъ быть велико, но не представляетъ особой опасности; въ смѣшанной же проводкѣ, составленной изъ воздушныхъ проводовъ большой длины и болѣе короткихъ кабелей, повышение напряжения можетъ быть и довольно значительно, и оказаться очень опаснымъ для цѣлости кабеля. Во избѣжаніе такой опасности служатъ предохранители, представляющіе собой безиндукціонныя сопротивления, чрезъ которыя повышенныя напряжения отводятся въ землю. Подоб-

ный предохранитель, гдѣ сопротивленіемъ служитъ вода, построила недавно Всеобщ. Комп. Элект. „Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft“ (герм. пат. 142059).

Предохранитель АЕГ состоитъ изъ склепаннаго желѣзнаго, оцинкованнаго ящика, изображеннаго на двухъ разрѣзахъ на фиг. 18. Въ переднюю стѣнку ящика вдѣланы три трубки, сообщающіяся съ его внутреннимъ пространствомъ. Верхняя и нижняя колѣна e, e сдѣланы изъ металла также какъ и муфты d , къ которымъ присоединяется провода. Соединительныя же трубки e состоятъ изъ эбонита, такъ что сообщаемое муфтой d напряжение отводится въ металлическій ящикъ и отовсюду въ землю только чрезъ наполняющую трубки e Ящикъ прикрытъ продырявленной крышкой b и наполняется водою такъ, чтобы уровень ея былъ выше верхнихъ отверстій трубокъ; для контролванія уровня воды служитъ водомѣрная трубка a . При повышеніи напряжения вода въ трубки



Фиг. 18.

нагрѣвается и, подымаясь вверхъ, вытекаетъ изъ ящика; если она успѣла нагрѣться очень сильно, паръ при этомъ удаляется чрезъ отверстия крышки. Снизу же въ трубки поступаетъ холодная вода изъ ящика-резервуара и такимъ образомъ циркулирующая вода поддерживается все время, пока существуетъ повышеніе напряжения. Проводимость воды регулируется прибавкой къ ней соли; кромѣ того, для измѣненія сопротивленія предохранителя эбонитовыя трубки дѣлаются различнаго калибра. Какъ показали опыты, вода въ предохранителѣ, даже при пропусканіи чрезъ него 5 амперъ, начинаетъ кипѣть только по истеченіи часа. Такъ какъ въ действительности предохранителю приходится подвергаться лишь очень кратковременной нагрузкѣ и при этомъ сила тока въ немъ (при употребленіи соответствующихъ предохранительныхъ напряженій) не должна превышать 2 амперъ, то предохранитель АЕГ отвѣчаетъ, по видимому, всѣмъ требованіямъ. Само собой, водяной предохранитель долженъ быть защищенъ отъ мороза и испаряющаяся вода должна отъ времени до времени возмѣщаться.

Полученіе и распредѣленіе тока въ большихъ центрахъ. Въ „Electrical Review“ Мак-Куллогъ разсматриваетъ вопросъ о полученіи электрической энергіи для тяги отъ установокъ, состоящихъ изъ главной станціи, дающей перемѣнный токъ, подстанцій и распредѣлительной линіи съ постояннымъ токомъ въ 550—575 вольтъ.

Авторъ изучаетъ слѣдующіе три вопроса: полученіе перемѣннаго тока, передача этого тока, преимуществва передачі перемѣннаго тока.

Онъ разсматриваетъ послѣдовательно размѣщеніе

станции, доставку угля, здания станции, топки, машины и проч. До сих пор употребляли, по мнению автора, для больших станций только машинный комбиндъ съ конденсаціей. Но теперь паровая машина как будто достигла границъ и ее начинает мало-по-малу вытѣснять паровая турбина. Кроме преимуществъ турбины, заключающихся въ быстротѣ ея вращенія, она обладаетъ еще тѣмъ драгоцѣннымъ свойствомъ, что при неполной нагрузкѣ и при 50% перегрузки отдача машины измѣняется весьма мало. Перегрѣвъ пара и конденсація отработавшаго пара увеличиваютъ отдачу машины.

Въ паропроводахъ измѣненій не произошло, остались прежнія системы двойная и кольцевая. Что касается вспомогательныхъ приборовъ, какъ насосы, трансы и т. п. авторъ рекомендуетъ приводить ихъ въ дѣйствіе посредствомъ асинхронныхъ двигателей; также постоянного тока приводимыя въ движеніе двигателями переменнаго тока дадутъ токъ необходимый для возбужденія машинъ и для освѣщенія станцій; батареи аккумуляторовъ, заряжаемая отъ этихъ динамо, будутъ служить для всякихъ случайностей.

На станціяхъ принимаютъ теперь всѣ мѣры къ тому, чтобы избѣгать случаевъ, вызывающихъ полную остановку работы; на многихъ большихъ станціяхъ въ настоящее время примѣнено раздѣленіе ихъ на нѣсколько отдѣльныхъ станцій, начиная отъ котловъ до питающихъ проводовъ включительно; остроны только приспособленія для соединенія въ крайнемъ случаѣ этихъ станцій между собой. Очевидно, что стремленіе къ безопасности взяло вверхъ надъ стремленіемъ къ экономіи.

Послѣ нѣсколькихъ соображеній относительно частоты тока, прямого полученія тока съ напряженіемъ выше 15000 в. отъ генераторовъ, параллельной работы генераторовъ, авторъ останавливается на станціи Мангатавъ въ Нью-Йоркѣ, доставляющей энергію въ 40.000 квт. Эта станція раздѣлена на восемь группъ по 5000 квт. въ каждой. Потомъ онъ описываетъ одну изъ лондонскихъ станцій мощностью въ 57.000 квт., раздѣленную на 10 группъ въ 5.500 квт. каждая.

Далѣе авторъ разсматриваетъ вопросъ о передачѣ энергіи; онъ осуждаетъ воздушныя линіи при 5000 в., которыя до сихъ поръ проходятъ еще по улицамъ нѣкоторыхъ американскихъ городовъ. По его мнѣнію онѣ даютъ только призрачную экономію. При одномъ и томъ же количествѣ энергіи и той же потерѣ трехфазный токъ требуетъ меньше всего мѣди; сѣченіе проводовъ при передачахъ сравнительно короткихъ, относительно которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, опредѣляется не паденіемъ напряженія, а плотностью тока; авторъ рекомендуетъ не переходить 2 ампера на квадратный миллиметръ сѣченія для кабеля изолированнаго каучукомъ и 2.25 ампера для бумажнаго кабеля.

Въ настоящее время въ Америкѣ обвиваютъ эти кабели желѣзной проволокой и прокладываютъ ихъ въ глиняныхъ или цементныхъ трубахъ; эти трубы кладутъ одна на другую въ нѣсколько рядовъ и скрѣпляютъ цементомъ. На разстояніи 120 м. устроены колоды.

Послѣ разсмотрѣнія устройства подстанцій, вращающихся трансформаторовъ, уравнильныхъ батарей, распределительныхъ досокъ для токовъ низкаго напряженія, авторъ переходитъ къ сравнительному изученію преимуществъ переменнаго и постоянного токовъ. Изъ статистики городовъ Соединенныхъ Штатовъ съ населеніемъ выше 100.000 человекъ, выяснилось, что переменный токъ употребляется только для тяги на подгородныхъ линіяхъ, и что города съ населеніемъ свыше 200.000 человекъ имѣютъ отъ 3 до 8 центральныхъ станцій. Въ довольно длинной сѣти постоянного тока потери при передачѣ достигаютъ отъ 15—до 20%; для переменнаго же тока авторъ принимаетъ слѣдующія потери:

3%—въ пит. провод. высокаго напряженія;
2,5%—въ трансформаторахъ;
5%—во вращающихся трансформаторахъ;
7—10%—въ линіяхъ низкаго напряженія.
Всего отъ 17 до 20,5%.

Но постоянный токъ при тѣхъ же потеряхъ, какъ видно изъ этой таблицы, представляетъ больше обеспеченности, такъ какъ онъ прямо изъ машинъ поступаетъ въ линію, не проходя, какъ переменный токъ, черезъ различные приборы высокаго напряженія. Что касается вопроса о замѣнѣ нѣсколькихъ станцій постоянного тока, расположенныхъ въ различныхъ большихъ городахъ, одной большой станціей доставляющей переменный токъ, то, по мнѣнію автора, это не представляется целесообразнымъ.

Очистка третьяго рельса электрическихъ желѣзныхъ дорогъ. На американскихъ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ во время урагановъ бывшихъ въ этомъ году предохраняли третій рельсъ отъ льда, поливая его растворомъ хлористаго кальция. Въ помѣщеніи механика въ вагонѣ стоялъ бакъ съ этимъ растворомъ, и оттуда жидкость по трубкамъ подводилась къ рельсу. Этотъ способъ далъ прекрасные результаты. (Street Railway).

БИБЛИОГРАФІЯ.

Е. Черхати и К. Кандо. Электрическая желѣзная дорога въ Вальтеллинѣ, построенная фирмою Ганцъ и К^о. Переводъ съ нѣмецкаго инженеромъ **А. Е. Вѣлого и В. П. Шуберскаго**. Цѣна 2 руб. 47 стр. въ 8 д. л. 75 рис. въ текстѣ и шесть листовъ чертежей. Спб. 1904. К. Риккертъ.

Настоящая книга, сообщающая подробныя свѣдѣнія объ одной изъ интереснѣйшихъ современныхъ установокъ электрической тяги на большихъ желѣзныхъ дорогахъ, является весьма кстати и весьма своевременно для русскихъ читателей.

Послѣдніе годы электрическая тяга на желѣзныхъ дорогахъ сдѣлала громадныя успѣхи.

Всего лѣтъ пять тому назадъ экономическое примѣненіе ея ограничивалось городскими трамваями, небольшими пригородными и междугородными линіями мѣстнаго значенія съ очень густымъ пассажирскимъ движеніемъ, небольшими туннельными участками подходящихъ къ большимъ городамъ паровыхъ желѣзныхъ дорогъ и метрополитенами.

За исключеніемъ послѣднихъ двухъ случаевъ, линіи носили характеръ трамваевъ съ часто отходящими очень легкими поѣздами изъ 1-го, 2-хъ, рѣдко 3-хъ вагоновъ.

Объ электрической же тягѣ въ большемъ масштабѣ, на большихъ магистральныхъ линіяхъ нельзя было думать, пока для тяги примѣнялся исключительно двигатель постоянного тока невысокаго напряженія. Даже при условіи передачи энергіи вдоль желѣзной дороги трехфазнымъ токомъ высокаго напряженія получились бы большіе расходы по устройству и эксплуатаціи. Въ такомъ видѣ электрическая тяга, вполне возможная съ технической стороны, оказывалась несостоятельной со стороны экономической и финансовой.

Новая эра открылась для электрической тяги съ примѣненіемъ двигателей трехфазнаго тока высокаго напряженія.

Результаты, послѣ нѣсколькихъ лѣтъ эксплуатаціи, получились блестяще какъ съ технической, такъ и съ экономической точки зрѣнія.

Эксплуатація линіи Thun-Burgdorf, Lecco-Chiavenna, а также всемірноизвѣстные опыты на линіи Zossen-Marienfelde показали, что новая система является жизненной, практичной, экономичной и въ высшей степени простой.

В настоящее время серьезно можно думать о введении электрической тяги на длинных магистральных линиях нормального типа при условии производства движения тяжелыми и быстрыми поездами без нарушения единства в общей сети дорог, вследствие возможности передавать поезда в полном составе с паровых дорог на электрические и обратно.

Новая линия Colico-Lecco-Sondrio-Chiavenna (Вальтеллинская линия) в Северной Италии является одной из наиболее интересных линий подобного типа*).

Она представляет выдающийся интерес для всех русских электротехников и нельзя поэтому не приветствовать появления на русском языке подробного описания этой линии, сделанного двумя молодыми инженерами, весьма внимательно и чутко следящими за успехами электротехники и уже заявившими себя в русской технической литературе серьезными работами по вопросам о передаче энергии на расстояние и о применении электрической тяги на путях сообщения.

В настоящей книге, разделенной на 5 глав, весьма подробно описывается вся электрическая установка Вальтеллинской линии.

Первая глава касается устройства гидроэлектрической станции на р. Адда, вторая — линии высокого напряжения и контактных проводов, третья — трансформаторных станций, четвертая — вагонов-двигателей и электровозов, и пятая — эксплуатации дороги.

Весьма точное и ясное изложение, масса приложений и прекрасно исполненных чертежей, диаграмм и автотипий, дающих полную картину всей установки — вот главное достоинство весьма хорошо изданной книги, которой можно лишь пожелать возможно широкого распространения как среди специалистов, так и студентов, изучающих чрезвычайно интересный, современный и важный вопрос применения электрической тяги на железных дорогах.

Можно также пожелать, чтобы деятельность обоих авторов не останавливалась появившимися уже их работами, и чтобы в недалеком будущем появились новые их труды в том же направлении.

Заранее можно предсказать им полный и заслуженный успех.

Г. Г.

„Разбор способа предсказаний погоды Н. А. Демчинского“. А. Клоссовского, заслуженного профессора Императорского Новороссийского Университета. Одесса, 1903. 192 стр. в 8 д. л. VI отд. таблиц.

Автор очень тщательно — не боясь тратить много труда и времени на производство различных выкладок и пр. — разбирает и проверяет так называемый „способ предсказаний Демчинского“ и приходит к выводам, из которых я отмѣчу здѣсь следующие:

При проверке — предпринятой г. Клоссовским для Одессы, Киева и Москвы — кривых атмосферного давления, температуры, облачности и осадков — так называемых „узлов“ которым г. Демчинский приписывает столь важную роль не оказалось вовсе — тогда как по г. Демчинскому они обязательно должны бы были иметь место.

Зависимость между атмосферным давлением и температурой зимней половины года и следующего лета „оправдывается“ в 50 случаях на 100, т. е. иметь вероятность, равную вероятности выхода орла или решетки при игре в орлянку*.

Утверждение г. Демчинского, что определяются дни „подобных годов“ (как г. Демчинский зывает годы, в которые луна занимает сходное положение относительно солнца) должны иметь наковую температуру — вовсе не оправдывается.

Все предсказания г. Демчинского, обнаруженные до настоящего времени, имеют вероятность, отчасти, равную вероятности угадать „орла“ или „шестку“ при игре в орлянку...

Г. Демчинский приписывает огромное значение воззрениям и вычислениям г. Типенгауэра, который разбирает вопрос о влиянии луны на погоду...

Г. Клоссовский совершенно справедливо, по моему мнению, утверждает, что „формула г. Типенгауэра и все ее применения, сделанные г. Демчинским являются продуктом цѣлой цѣпи крупных и неразумных“ — хотя я должен оговориться, что для меня вполне этот взгляд г. Клоссовского, я 결코 не согласен, однако, со всем тем, что сам говорит, обсуждая взгляды г. Типенгауэра.

Книга г. Клоссовского написана в безукоризненно приличном и спокойном тоне и производит на большее впечатление на читателя...

В конце книги г. К. предлагает — на случай если г. Д. не убедился его доводами в своей ошибке — следующую выводу:

„Передать дело особой компетентной комиссии для новой детальной и всесторонней проверки нового способа предсказаний“ причем для „устранения возможных указаний на пристрастие русских метеорологов, было бы целесообразно, пишет г. К., передать этот вопрос на обсуждение международной метеорологической комиссии“.

„пока, для пользы дела, впредь до пересмотра всей материальной“ г. Демчинский должен быть, по моему мнению г. Клоссовского, „прекратить деятельность свою по предсказанию погоды как в журнале „Климат“, так и в общей прессе. В деле истины не может быть места личным симпатиям!“

Тай.

Проложение первого телеграфа через океан. По книге Фонвиеля изложил П. В. Первовъ, преподаватель Лазаревского Института Восточных языков. Москва, 1903. Цѣна 35 коп. 90 стр. в 16 д. л.

В этой маленькой брошюрѣ описана история прокладки кабеля, соединяющая Англию и Францию и история прокладки трансатлантического кабеля.

Автор обращается не к техникам, а к общепублике... Брошюра читается с интересом, так как излагает длинный ряд жестоких неудач, которые приходилось потерпеть компаниям трансатлантического кабеля, и которые не могли, однако, сокрушить ее энергию и были блистательно преодолены...

К сожаленью, там места, где автор касается техники прокладки по большей части не совсем ясны — тем более, что в брошюрѣ нѣтъ рисунков. Мало ясны и не точны и там места, которые касаются электротехники, но по счастью их очень немного.

Язык брошюры порою довольно шероховат. Я отмѣчу также вскользь, что напрасно автор (или переводчик?) сэра Томсона (теперь лорд Кельвин) постоянно называет Томпсоном...

Тай.

* См. статью г. Типенгауэра: «К теории влияния луны на погоду» в журнал «Климат», 1902 г. № 19. (Эта цитата заимствована из книги г. Клоссовского).

* См. Э — во, 1902 г. № 5, стр. 70.