

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Измѣненіе скорости многофазныхъ асинхроничныхъ электродвигателей \*).

Статья инженеръ-технолога А. Потемни.  
(Окончаніе).

5. Последовательное соединеніе асинхроничныхъ двигателей. Соединеніе это, иначе называемое соединеніе каскадомъ или тандемъ, состоитъ въ томъ, что въ ряду двигателей вторичная обмотка каждаго предыдущаго доставляетъ токъ въ первичную цѣпь слѣдующаго, первичная обмотка перваго въ ряду двигателя включена во внѣшнюю цѣпь, вторичная обмотка послѣдняго въ ряду коротко замкнута.

Пусть въ последовательномъ соединеніи находится  $n$  двигателей. Обозначимъ черезъ  $p_1, \dots, p_n$  числа паръ полюсовъ этихъ двигателей и черезъ  $N_{s1}, \dots, N_{sn}$  числа оборотовъ въ минуту, соответствующія синхронизму при нормальномъ числѣ періодовъ  $\sim$ . Пусть далѣе  $s_1$ —скольженіе перваго двигателя,  $s_2$ —второго и т. д. Тогда число періодовъ первичнаго тока перваго двигателя будетъ  $\sim$ , второго— $s_1 \sim$ , третьяго— $s_1 s_2 \sim$ ,  $k$ -го— $s_1 s_2 \dots s_{k-1} \sim$ , и, слѣдовательно, ихъ числа оборотовъ въ минуту

$$N_1 = (1-s_1) N_{s1}, N_2 = s_1(1-s_2) N_{s2}, \dots, N_n = s_1 s_2 \dots s_{n-1} (1-s_n) N_{sn} \dots \dots \dots (9)$$

Предположимъ, что скорости двигателей поданы какимъ угодно механическимъ условіямъ, что всѣ двигатели имѣютъ одинаковое число полюсовъ, т. е.

$$p_1 = p_2 = \dots = p_n = p,$$

$$N_{s1} = N_{s2} = \dots = N_{sn} = N_s.$$

При этомъ условіи, складывая уравненія (9), получимъ:

$$\sum_{i=1}^n N_i = (1-s_1 s_2 \dots s_n) N_s \dots \dots \dots (10)$$

Если для какого-нибудь  $i$ -го двигателя  $s_i = 0$ , продвигущая сила и токъ въ его вторич-

ной обмоткѣ будутъ нулями, а, слѣдовательно, будутъ нулями вращающіе моменты, какъ этого двигателя, такъ и всѣхъ слѣдующихъ. Если пренебречь намагничивающимъ токомъ  $i$ -го двигателя, то токъ, протекающій въ его первичной обмоткѣ, а слѣдовательно и во вторичной обмоткѣ  $(i+1)$ -го двигателя тока будетъ нулемъ, а потому будетъ нулемъ и вращающій моментъ  $(i+1)$ -го двигателя. Подобнымъ же образомъ убеждаемся, что при  $s_i = 0$ , вращающіе моменты всѣхъ предыдущихъ двигателей будутъ нулями.

Въ уравненіи (10) будетъ

$$s_1 s_2 \dots s_n = 0,$$

и, слѣдовательно,

$$\sum_{i=1}^n N_i = N_s,$$

т. е. когда систему составляютъ  $n$  последовательно соединенныхъ двигателей съ равнымъ числомъ полюсовъ, то при холостомъ ходѣ системы, сумма скоростей отдѣльныхъ двигателей равна синхроничной скорости, соответствующей числу періодовъ въ первичной цѣпи перваго двигателя.

Сдѣлаемъ теперь другое предположеніе: пусть всѣ  $p_i$  различны, а всѣ скорости въ силу механическихъ условій одинаковы, т. е.

$$N_1 = N_2 = \dots = N_n = N.$$

или

$$(1-s_1) N_{s1} = s_1 (1-s_2) N_{s2} = s_1 s_2 (1-s_3) N_{s3} = \dots = s_1 s_2 \dots s_{n-1} (1-s_n) N_{sn}.$$

или, такъ какъ

$$\frac{N_{s2}}{N_{s1}} = \frac{p_1}{p_2}, \dots, \frac{N_{s1}}{N_{s1}} = \frac{p_1}{p_n},$$

имѣемъ

$$1-s_1 = s_1 (1-s_2) \frac{p_1}{p_2} = s_1 s_2 (1-s_3) \frac{p_1}{p_3} = \dots = s_1 s_2 \dots s_{n-1} (1-s_n) \frac{p_1}{p_n} \dots \dots \dots (11)$$

Принимая во вниманіе всѣ эти соотношенія при суммированіи уравненій (9), получимъ

$$n N = (1-s_1) N_1 \left\{ 1 + \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^2 + \left(\frac{p_1}{p_3}\right)^2 + \dots \right\}$$

\* См. Электричество, т. г. № 11—12.

или окончательно, такъ какъ

$$N_1 = \frac{\sim 60}{P_1}$$

$$N = (1 - S_1) \frac{\sim 60 \cdot P_1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{P_i^2} \dots \dots \dots (12)$$

Съ помощью послѣдняго выраженія не трудно опредѣлить скорость, соответствующую холостому ходу системы. Мы видѣли, что система, состоящая изъ ряда послѣдовательно соединенныхъ двигателей, не производитъ никакой работы, когда какой нибудь  $s_i$  есть нуль. При существованіи ур-ній (11) нулемъ можетъ быть очевидно только  $s_n$ . Полагая въ ур-ніяхъ (11)  $s_n = 0$  найдемъ изъ нихъ

$$1 - s_1 = \frac{P_1}{\sum_{i=1}^n P_i} ;$$

подставляя въ (12) получимъ число оборотовъ, соответствующее холостому ходу системы:

$$N = \frac{\sim 60 \cdot P_1}{n} \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i^2} \dots \dots \dots (13).$$

Выраженія подъ знаками суммъ симметричны относительно  $P_i$ , и поэтому отъ порядка включения двигателей не зависятъ. Значитъ  $N$  зависитъ только отъ того, какой двигатель поставленъ первымъ.

Очевидно, что комбинируя параллельное и послѣдовательное соединеніе двигателей мы получимъ значительное число различныхъ скоростей холостого хода. Имѣя въ своемъ распоряженіи только два двигателя съ различнымъ числомъ полюсовъ мы получимъ 5 степеней скорости. При трехъ двигателяхъ число степеней скорости возрастаетъ до 16. Придется только снабдить вторичныя обмотки контактными кольцами и при проектированіи, какъ было сказано выше, обратить вниманіе на выборъ сопротивленій и коэффициентовъ самоиндукціи обмотокъ. Нужно впрочемъ замѣтить, что теоретическое число возможныхъ комбинацій на практикѣ уменьшится, такъ какъ нѣкоторыми изъ нихъ неудобно пользоваться вслѣдствіе малаго полезнаго дѣйствія, доставляемаго ими.

Полагая въ формулѣ (13)

$$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n = P$$

получимъ

$$N = \frac{\sim 60}{n \cdot P} = \frac{N_s}{n} ;$$

т. е. при послѣдовательномъ соединеніи  $n$  одинаковыхъ двигателей скорость холостого хода въ  $n$  разъ меньше синхроничной скорости.

Въ такомъ видѣ соединеніе это встрѣчается на новыхъ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ питаемыхъ трехфазнымъ токомъ, гдѣ оно играетъ роль, аналогичную послѣдовательному

соединенію вагонныхъ двигателей постоянного тока, давая возможность безъ большого пониженія полезнаго дѣйствія уменьшать скорость движенія, уменьшая потерю въ регулирующемъ сопротивленіи и потому увеличивая ускореніе при троганіи съ мѣста.

Послѣднее свойство разсматриваемаго соединенія очень важно, такъ какъ малое ускореніе при троганіи съ мѣста было однимъ изъ существенныхъ доводовъ противъ примѣненія переменныхъ токовъ для городскихъ желѣзныхъ дорогъ. Недавніе опыты на желѣзной дорогѣ въ Вальтелинѣ (Valtellina), въ Италіи, гдѣ соединеніе тандемъ примѣняется для уменьшенія скорости на подъемахъ, и такимъ образомъ для избѣжанія перегрузки центральной станціи, дали для ускоренія въ секунду при двухъ двигателяхъ слѣдующія величины:

параллельное соединеніе 0,24 метра,  
послѣдовательное соединеніе 0,465 метра.

Фирма Ганцъ и К<sup>о</sup> въ Будапештѣ выработала проектъ замѣны на круговой Лондонской дорогѣ паровой тяги электрической, въ которомъ предполагается, основываясь на приведенныхъ опытахъ въ Вальтелинѣ, достигнуть ускоренія въ 0,75 метра въ секунду, соединяя послѣдовательно два трехфазныхъ двигателя. Начальная скорость предполагается 40 километровъ въ часъ при вѣсѣ поѣзда въ 150 тоннъ и силѣ тяги при троганіи съ мѣста 14 тоннъ.

Соединеніе тандемъ есть самый выгодный способъ измѣненія скоростей; тѣмъ не менѣе при этомъ способѣ коэффициентъ полезнаго дѣйствія ( $\eta$ ) и показатель мощности значительно понижаются при пониженномъ числѣ оборотовъ. Нитгаммеръ (\*) даетъ слѣдующія опытные данныя: пара двигателей при параллельномъ соединеніи дала наибольшія величины

$$\eta = 0,85 \qquad \cos \varphi = 0,85,$$

тогда какъ наибольшія значенія для этихъ величинъ при послѣдовательномъ соединеніи были

$$\eta = 0,60 \qquad \cos \varphi = 0,75.$$

Въ вышеупомянутомъ проектѣ круговой Лондонской дороги Ганцъ и К<sup>о</sup> даютъ при параллельномъ соединеніи  $\cos \varphi = 0,92$  при послѣдовательномъ соединеніи  $\cos \varphi = 0,78$ .

На фиг. 1 представлены кривыя тока (а), полезнаго дѣйствія (б), скорости (с) и показателя мощности (д) въ зависимости отъ силъ тяги, представляющія результатъ испытанія двухъ двигателей трехфазнаго тока, специально построенныхъ для тяги.

Первыя три кривыя взяты изъ книги «I. Bell Stromvertheilung für Elektr. Bahnen», стр. 174 и на основаніи ихъ вычислены точки кривой (д) показателя мощности по формулѣ:

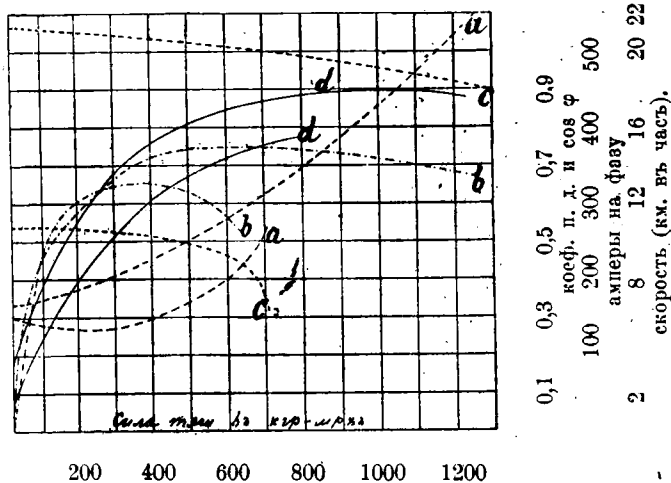
(\*) Niethammer. Handb. d. Elektrot. v. Heinke I IX, стр. 143.

$$\cos\varphi = \frac{\text{сила тяги, в кгр.} \times \text{скорость, в метр. в сек.}}{\text{коэф. пол. д.} \times \sqrt{3} \times \text{ток} \times \text{напр. между пров.}}$$

Въ нашемъ случаѣ напряжение между проводами равно 110 вольтамъ. Каждый двигатель при нормальной силѣ тяги 360 кгр., и при нормальной скорости развиваетъ 25 лощ. силъ.

Опыты эти были произведены въ Америкѣ, и хотя достаточно выясняютъ характеръ явления, но вслѣдствіе малаго рабочего напряжения не могутъ считаться типичными для европейскихъ дорогъ, на которыхъ обыкновенно примѣняется болѣе высокое напряжение.

Напримѣръ, на желѣзной дорогѣ въ Лугано



Фиг. 1.

напряжение между проводами—400 вольтъ на линіи Бургдорфъ—Тунъ (Швейцарія)—750 вольтъ.

Для включенія двигателей въ томъ или иномъ порядкѣ служатъ коммутаторы, сходные съ обыкновенными контроллерами желѣзныхъ дорогъ постоянного тока, но значительно сложнѣе.

Какъ примѣръ на фиг. 2 показана схема соединеній коммутатора Поттеръ и Касъ (\*), взятая изъ сборника патентовъ Сѣв. Ам. Соед. Шт. за 1896 г.

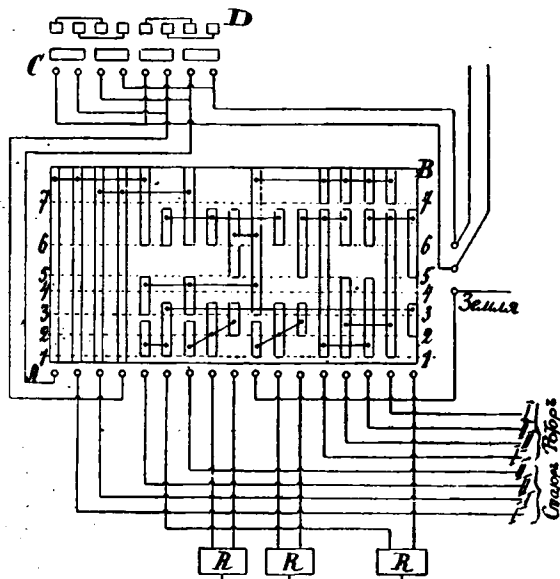
AB—развернутый на плоскость цилиндръ коммутатора, CD—небольшой коммутаторъ для перемѣны направленія тока и слѣд. вращенія, R—ящики, заключающіе по два параллельно или порознь включаемыхъ сопротивленія; каждое изъ сопротивленій имѣетъ соотвѣтственный контактъ. Одна фаза статора и ротора обоихъ двигателей соединена съ землей. Стрѣлкой показано направленіе вращенія барабана для повышенной скорости.

1) При положеніи ряда контактовъ между прямыми 1—1, 2—2 двигатели соединены послѣдовательно, при чемъ первичной обмоткой второго двигателя служитъ его роторъ, а обмотки статора замкнуты на себя черезъ одну катушку сопротивленія (полное сопротивленіе).

2) Положеніе 2—2, 3—3; расположеніе двигателей то же, но въ цѣпь статора включено половинное сопротивленіе (по двѣ катушки параллельно).

3) Положеніе 3—3, 4—4; добавочное сопротивленіе выключается, но первое время контакты сопротивленія остаются въ соединеніи съ контактными полосами во избѣжаніи искръ въ этомъ мѣстѣ.

4) Положеніе 4—4, 5—5; добавочное сопротивленіе выключено совсѣмъ и обмотки статора коротко замкнуты. Это положеніе предназначено для продолжительной работы съ половинной скоростью.



Фиг. 2.

5) Положеніе 5—5, 6—6; второй двигатель выключенъ, и въ цѣпь ротора первого двигателя включено полное сопротивленіе.

6) Положеніе 6—6, 7—7; обмотки статоровъ обоихъ двигателей включены во внѣшнюю сѣть, обмотки роторовъ замкнуты параллельно черезъ полное сопротивленіе.

Оставшіяся свободными сопротивленія коротко замкнуты во избѣжаніе искръ, такъ какъ въ нихъ токами, протекающими въ рабочихъ сопротивленіяхъ, могутъ индуктироваться электродвижущія силы.

7) Положеніе 7—7, 1—1; то же соединеніе, но добавочное сопротивленіе выключено совсѣмъ и обмотки роторовъ обоихъ двигателей параллельно соединены и коротко замкнуты. Это положеніе предназначено для продолжительной работы при полной скорости.

Если бы въ нашемъ распоряженіи было 3 или 4 двигателя, что еще встрѣчается въ вагонахъ жел. дорогъ, то добавочныя сопротивленія можно было бы выбросить совсѣмъ и число контактовъ для 3-хъ было бы на два меньше, для четырехъ—на два больше чѣмъ въ рассматри-

(\*) Potter и. Case. U. S. Pat. 568458.

ваемомъ коммутаторѣ. Расположеніе контактныхъ полюсовъ и ихъ соединеній пришлось бы нѣсколько измѣнить.

Представленный на чертежѣ коммутаторъ не можетъ мѣнять порядка включенія двигателей, что какъ мы видѣли, желательно при двигателяхъ съ различнымъ числомъ полюсовъ, но очевидно, что, измѣняя расположеніе контактныхъ полюсовъ и ихъ соединеній можно было бы достигнуть и этого.

6. Теперь выведемъ аналитическія выраженія для механической мощности вращающаго момента рассматриваемой системы.

Пусть:  $E_0$  — напряженіе на зажимахъ перваго въ ряду двигателя;  $E_{i1}$ ,  $E_{i2}$  — электродвижущія силы, возбуждаемая общимъ магнитнымъ потокомъ въ первичной и вторичной обмоткахъ  $i$ -го двигателя (всѣ эти величины на фазу); и  $I_{i+1}$  — токъ, протекающій черезъ вторую обмотку  $i$ -го и первичную  $(i+1)$ -го двигателя. Всѣ  $E$  и  $I$  суть векторы, которые мы представимъ комплексными величинами, выбравъ ось вещественныхъ значеній такъ, чтобы  $E_0$  было вещественно:

$$\begin{aligned} E &= e' + je'' \\ I &= i' + je'' \end{aligned}$$

гдѣ  $j = \sqrt{-1}$ , или геометрически  $j$  есть факторъ, способный вращать множащійся на него векторъ на уголъ  $\frac{\pi}{2}$ .

Далѣе обозначимъ черезъ

$$Z_{i1} = r_{i1} - js_1 s_2 \dots s_{i-1} x_{i1}$$

и

$$Z_{i2} = r_{i2} - js_1 s_2 \dots s_i x_{i2}$$

кажущіяся сопротивленія первичной и вторичной обмотокъ  $i$ -го двигателя;  $s$ ,  $r$  и  $x$  имѣютъ прежнія значенія.

$Y_i = g_i + jb_i$  — кажущаяся проводимость \*) возбуждающаго тока, соответствующая нормальному числу періодовъ,  $a_i$  — отношеніе числа витковъ первичной обмотки  $i$ -го двигателя къ числу витковъ его вторичной обмотки.

Энергія, поглощаемая противодействующей

\*) Кажущейся проводимостью (Admittanz) по Штейнметцу называемъ величину обратную кажущемуся сопротивленію (Impedanz). Какъ извѣстно, при разомкнутой вторичной цѣпи асинхроннаго двигателя, по его первичной цѣпи протекаетъ токъ, составляющій нѣкоторую часть тока, протекающаго черезъ обмотку при нормальной работѣ двигателя. Энергія этого возбуждающаго тока равна энергіи, расходуемой на гистерезисъ, токи Фуко и нагреваніе обмотки (этимъ токомъ) вслѣдствіе омическаго сопротивленія.

Кривая возбуждающаго тока сильно деформируется вслѣдствіе гистерезиса и значительно отклоняется отъ синусоиды. Волна возбуждающаго тока можетъ быть представлена совокупностью двухъ волнъ: 1) эквивалентной синусоидальной  $J_0$ , энергія и дѣйствующая сила которой равна энергіи и дѣйствующей силѣ деформированной волны, и 2) безваттной высшей гармонической, чаще всего тройного числа періодовъ.

электродвижущей силой въ первичной обмоткѣ  $i$ -го двигателя есть

$$P'_i = I_i E_{i1};$$

часть этой энергіи

$$E_{i1}^2 Y_i$$

расходуется на гистерезисъ и токи Фуко, остальная часть передается во вторичную обмотку. Такъ какъ слагающая тока  $I_i$ , протекающаго въ первичной обмоткѣ двигателя, соответствующая току  $I_{i+1}$  во вторичной обмоткѣ есть

$$I'_i = -\frac{I_{i+1}}{a_i},$$

то часть энергіи  $P'_i$ , передаваемая во вторичную обмотку есть

$$P_i'' = E_{i1} \frac{I_{i+1}}{a_i}.$$

Часть энергіи  $P_i''$ :

$$I_{i+1}^2 Z_{i2}$$

теряется во вторичной обмоткѣ  $i$ -го двигателя; другая часть

$$E_i I_{i+1},$$

гдѣ  $E_i$  напряженіе на контактныхъ кольцахъ вторичной обмотки  $i$ -го двигателя, передается въ первичную цѣпь слѣдующаго двигателя; и остальная часть проявляется ввидѣ механической работы. Поэтому механическая мощность  $i$ -го электродвигателя будетъ

$$P_i = E_{i1} \frac{I_{i+1}}{a_i} - I_{i+1}^2 Z_{i2} - E_i I_{i+1},$$

или такъ какъ

$$\frac{E_{i1}}{E_{i2}} = \frac{a_i}{s_i},$$

и

$$E_i = E_{i2} - I_{i+1} Z_{i2},$$

окончательно имѣемъ

$$P_i = \frac{1-s_i}{s_i} E_{i2} I_{i+1} = \frac{1-s_i}{a_i} E_{i1} I_{i+1} \dots (14)$$

Такъ какъ высшая гармоническая слагающая очень мала по сравненію съ полнымъ возбуждающимъ токомъ, который въ свою очередь, какъ сказано, составляетъ только часть нормального тока, то во всѣхъ почти практическихъ вопросахъ мы можемъ пренебречь высшей гармонической волной и замѣнить дѣйствительную волну возбуждающаго тока эквивалентной синусоидой  $I_0$ . Такъ  $I_0$  зависитъ отъ первичной электродвижущей силы, и эту зависимость мы можемъ представить въ видѣ нѣкоторой кажущейся проводимости

$$I_0 = g_0 + jb_0.$$

Величины  $g_0$  и  $b_0$  зависятъ, кромѣ свойствъ магнитной цѣпи, еще отъ числа періодовъ, и именно обрат пропорціональны этому числу.

См. Steinmetz. Theorie und Berechnung der Wechselstromerscheinungen. § 119.

Вращающий момент этого двигателя будетъ

$$T_i = \frac{P_i}{v},$$

гдѣ  $v$ —линейная скорость ротора для радиуса  $= r$ ,

$$v = \frac{2\pi}{p_i} \omega (1 - s_i),$$

т. е.

$$T_i = \frac{P_i}{s_i 2\pi \omega} E_{i2} I_i + r = \frac{P_i}{a_i 2\pi \omega} E_{i2} I_i + r \dots (15)$$

Полная механическая мощность и полный вращающий момент системы будутъ

$$P = \sum_1^n P_i,$$

$$T = \sum_1^n T_i.$$

Величины  $P$  и  $T$  остается еще умножить на число фазъ. Выраженія (14) и (15) суть произведенія отвлеченнаго, вещественнаго числа и двухъ векторовъ, комплексныхъ величинъ, и, слѣдовательно, такъ же величины комплексныя, въ которыхъ для насъ важны только вещественныя части. При отдѣленіи мнимой части отъ вещественной нужно замѣтить слѣдующее.

Мощность есть періодическая величина, число періодовъ которой вдвое больше числа періодовъ тока и напряженія. Поэтому факторъ  $j$  въ произведеніи

$$P = AEI = A (e' + je'') (i' + ji'')$$

получаетъ способность вращать множащійся на него векторъ не на  $\frac{\pi}{2}$  какъ обыкновенно, а на  $\pi$ . Другими словами, при составленіи разсматриваемаго произведенія мы должны приниматьъ:

$$j^2 = + 1 \\ j \times i = j \\ i \times j = - j$$

Тогда

$$P = A \{ (e'i' + j^2 e''i'') + (je''i' + e'ji'') \} = A \{ (e'i' + e''i'') + j (e''i' - e'i'') \},$$

или отбрасывая мнимую часть

$$P = A (e'i' + e''i'').$$

Выраженіями (14) и (15) можно пользоваться только тогда, когда мы найдемъ  $I_i$ ,  $E_{i1}$  и  $E_{i2}$  въ зависимости отъ  $s_1 \dots s_n$ , и извѣстныхъ величинъ  $E_0$ ,  $x_{11}$ ,  $x_{12}$ ,  $r_{11}$ ,  $r_{12}$ . Зависимость эта очень сложна, и потому мы ограничимся только разсмотрѣніемъ случая двухъ слѣдовательно соединенныхъ электродвигателей.

Токъ, протекающій въ коротко замкнутой вторичной обмоткѣ второго двигателя будетъ

$$I_{III} = \frac{E_{22}}{Z_{22}}; \dots \dots (16)$$

соотвѣтствующая ему составляющая тока  $I_{II}$ , протекающаго во вторичной обмоткѣ перваго и первичной втораго двигателя есть

$$I'_{II} = - \frac{I_{III}}{a_2};$$

слѣдовательно.

$$I_{II} = - \frac{I_{III}}{a_2} - E_{21} \frac{Y_2}{s_1}; \dots \dots (17)$$

но такъ же

$$I_{II} = \frac{E_{12} + E_{21}}{Z_{12} + Z_{21}},$$

а потому

$$- \frac{I_{III}}{a_2} - E_{21} \frac{Y_2}{s_1} = \frac{E_{12} + E_{21}}{Z_{12} + Z_{21}}$$

или, такъ какъ

$$\frac{E_{21}}{E_{22}} = \frac{a_2}{s_2},$$

и принимая во вниманіе уравненіе (16),

$$E_{12} = - \left\{ \left[ 1 + \frac{Y_2 (Z_{12} + Z_{21})}{s_1} \right] + s_2 \frac{Z_{12} + Z_{21}}{a_2^2 Z_{22}} \right\} E_{21} \quad (18)$$

Подобнымъ же образомъ найдемъ для первичнаго тока перваго двигателя

$$I_I = \frac{E_0 + E_{II}}{Z_{II}} = - \frac{I_{II}}{a_1} - E_{II} Y_I$$

или, принимая во вниманіе уравненіе (17), и такъ какъ

$$\frac{E_{11}}{E_{12}} = \frac{a_1}{s_1},$$

будемъ имѣть

$$\frac{s_1 E_0 + E_{12} a_1}{s_1 Z_{11}} = \frac{s_2 E_{21}}{a_1 a_2^2 Z_{22}} + \frac{E_{21} Y_2 + a_1 E_{12} Y_1}{s_1} \quad (19)$$

Освобождаясь отъ знаменателей и отбрасывая члены съ произведеніями кажущихся сопротивленій, какъ величины относительно малыя, приведемъ уравненія (18) и (19) къ виду

$$a_2^2 Z_{22} E_{12} = - [a_2^2 Z_{22} + s_2 (Z_{12} + Z_{21})] E_{21} \\ s_1 a_1 a_2^2 Z_{22} E_0 = s_1 s_2 Z_{11} E_{21} - a_1^2 a_2^2 Z_{22} E_{12},$$

откуда

$$E_{12} = - \left. \begin{aligned} & \frac{s_1 a_1 [a_2^2 Z_{22} + s_2 (Z_{12} + Z_{21})] E_0}{a_1^2 [a_2^2 Z_{22} + s_2 (Z_{12} + Z_{21})] + s_1 s_2 Z_{11}} \\ & \frac{s_2 E_{21}}{a_2} E_{21} = \frac{s_1 s_2 a_1 a_2 Z_{22}}{a_1^2 [a_2^2 Z_{22} + s_2 (Z_{12} + Z_{21})] + s_1 s_2 Z_{11}} E_0 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Подставляя въ выраженія для  $E_{12}$  и  $E_{22}$  значенія  $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ,  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$  и полагая для краткости

$$s_2 (r_{12} + r_{21}) + a_2^2 r_{22} = a \\ s_1 s_2 (x_{12} + x_{21} + a_2^2 x_{22}) = b \\ a + s_1 s_2 r_{11} = k \\ b + s_1 s_2 x_{11} = m$$

будемъ имѣть

$$E_{12} = - s_1 a_1 \frac{(a - jb) E_0}{k - Im} = - s_1 a_1 \frac{(ak + bm) + j(am - bk)}{k^2 + m^2} E_0,$$

и

$$E_{22} = s_1 s_2 a_1 a_2 \frac{r_{22} - j s_1 s_2 x_{22}}{k - jm} E_0 = \\ = s_1 s_2 a_1 a_2 \frac{(r_{22} k + s_1 s_2 x_{22} m) + j (r_{22} m - s_1 s_2 x_{22} k)}{k^2 + m^2} E_0 \quad (21)$$

Изъ уравнений (16) и (17)

$$I_{II} = - \left[ \frac{E_{22}}{a_2 Z_{22}} + E_{21} \frac{Y_2}{s_1} \right] = - E_{22} \left[ \frac{1}{a_2 Z_{22}} + \frac{a_2 Y_2}{s_1} \right],$$

или полагая для краткости

$$s_1 s_2 + a_2^2 (r_{22} g_2 + s_1 s_2 x_{22} b_2) = c, \\ a_2^2 (r_{22} b_2 s_1 s_2 x_{22} g_2) = d,$$

$$I_{II} = - a_1 E_0 \frac{c + jd}{k - jm} = \\ = - a_1 E_0 \frac{(ck - dm) + j(cm + kd)}{k^2 + m^2} \quad (22)$$

и

$$I_{III} = \frac{E_{22}}{Z_{22}} = s_1 s_2 a_1 a_2 \frac{k + jm}{k^2 + m^2} E_0 \quad (23)$$

Поставляя найденныя выражения (21), (22) и (23) въ выражения механическихъ мощностей первого и второго двигателей

$$P_1 = \frac{1 - s_1}{s_1} E_{12} I_{II}$$

и

$$P_2 = \frac{1 - s_2}{s_2} E_{12} I_{III}$$

и помня что было сказано объ раздѣленіи мнимыхъ и вещественныхъ частей въ величинахъ съ двойной періодичностью найдемъ

$$P_1 = (1 - s_1) a_1^2 E_0^2 \frac{ac - bd}{k^2 + m^2}$$

$$P_2 = s_1^2 s_2 (1 - s_2) a_1^2 a_2^2 E_0^2 \frac{r_{22}}{k^2 + m^2} \quad (24)$$

Отсюда не трудно найти аналитическія выражения для всѣхъ остальныхъ характеризующихъ работу системы величинъ, но выражения эти по своей сложности не могутъ имѣть практическаго значенія, и потому мы не будемъ на нихъ останавливаться.

Формулы (24) сходны съ формулами, данными Штейнметцомъ\*), и отличаются отъ нихъ тѣмъ, что въ формулахъ Штейнметца  $G_r$  и  $b_r$  входятъ въ выраженія  $k$  и  $m$ , скорости припята равными и оба двигателя одинаковыми, въ формулахъ же (24)  $G_r$  и  $b_r$  входятъ только въ выраженія  $c$  и  $d$ ,  $s_1$  и  $s_2$  совершенно независимы одно отъ другого, и двигатели взяты какіе угодно.

Для того, чтобы перейти къ случаю одинаковыхъ двигателей, вращающихся съ одинаковыми скоростями и при томъ такъ, что роторъ второго двигателя служитъ ему возбуждателемъ а обмотка статора представляетъ вторичную цѣпь, мы должны положить въ выведенныхъ формулахъ:

$$s_2 = \frac{2s_1 - 1}{s_1},$$

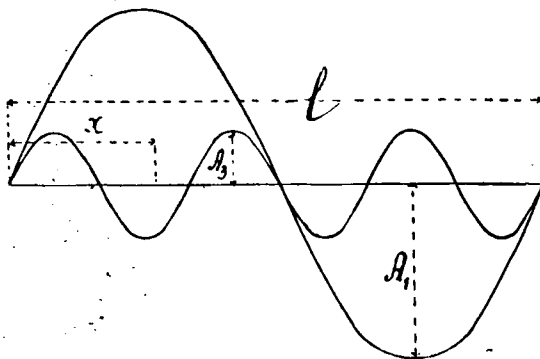
$$Z_{11} = Z_{22}, \quad Z_{12} = Z_{21},$$

и

$$a_1 = \frac{1}{a_2}$$

7. Очеркъ этотъ былъ бы не полонъ, если бы мы не упомянули еще объ одномъ способѣ мѣнять скорость асинхроничныхъ двигателей. Способъ этотъ основывается на томъ общезвѣстномъ фактѣ, что иногда многополюсные асинхроничные двигатели обнаруживаютъ свойство вполне устойчиво вращаться съ  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/5$  и т. д. нормального числа оборотовъ, причемъ измѣненіе числа оборотовъ нѣкоторое время дѣйствуетъ тормозящимъ образомъ, а затѣмъ, послѣ быстрого возрастанія скорости, двигатель опять начинаетъ работать нормально. Причина этого явленія заключается въ томъ, что форма кривой поля, видъ которой зависитъ отъ типа обмотки, т. е. отъ расположенія стержней или проволокъ по окружности, часто значительно отличается отъ синусоиды, и если мы представимъ эту кривую въ видѣ суммы гармоническихъ волнъ различныхъ порядковъ, т. е. разложимъ ее въ рядъ Фурье, то иногда амплитуда волны третьяго порядка составляетъ половину, а амплитуда волны пятого порядка доходитъ до одной пятой амплитуды первой основной волны\*)

Въ такомъ случаѣ очевидно третій, пятый и т. д. члены ряда оказываютъ такое же дѣйствіе, какъ если бы двигатель имѣлъ, кромѣ основныхъ  $p$  паръ полюсовъ, еще  $3p$ ,  $5p$  и т. д. паръ добавочныхъ полюсовъ съ амплитудами  $A_3$ ,  $A_5$ , и т. д. соответственныхъ полей (Фиг. 3).



Фиг. 3.

Если угловая скорость доставляемаго двигателя тока есть

$$\omega = 2\pi \sim,$$

а число фазъ  $m$ , то главное поле  $\frac{m}{2} A$ , вра

\*) E. T. Z. 1899. стр. 884.

\*) F. Niethammer. E. T. Z. 1898. Стр. 750.

щается съ угловой скоростью  $\omega_1 = \frac{\omega}{p}$ , а поля  $\frac{m}{2} A_3, \frac{m}{2} A_5$  и т. д. вращаются со скоростями

$$\omega_3 = \frac{\omega}{3p}, \omega_5 = \frac{\omega}{5p}, \omega_7 = \frac{\omega}{7p}$$

Каждый ряд полюсовъ, какъ основной (дѣйствительный), такъ и каждый изъ дополнительныхъ порядка  $n$  (фиктивныхъ) вмѣстѣ съ роторомъ можетъ разсматриваться какъ самостоятельный двигатель, такъ какъ каждое изъ полей, составляющихъ рядъ Фурье, въ который разлагается дѣйствительное поле, возбуждаетъ во вторичной обмоткѣ соответственный токъ и развиваетъ соответственный вращающій моментъ, сумма которыхъ даетъ результирующій дѣйствительный вращающій моментъ двигателя.

О видѣ кривой, выражающей зависимость вращающаго момента отъ главнаго скольженія, т. е. отъ сдвига ротора относительно основнаго поля, можемъ судить на основаніи слѣдующихъ соображеній: пусть  $s_1$ —главное скольженіе, а  $s_n$ —скольженіе ротора относительно высшей гармонической слагающей поля  $n$ -го порядка. Тогда скорость вращения ротора  $\omega_r$  будетъ

$$\omega_r = (1 - s_1) \omega_1$$

и такъ же очевидно

$$\omega_r = (1 - s_n) \omega_n;$$

отсюда имѣемъ

$$(1 - s_1) \omega_1 = (1 - s_n) \omega_n,$$

и такъ какъ  $\omega_n = \frac{\omega_1}{n}$ ,

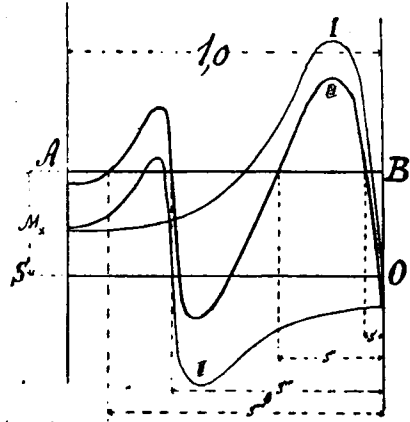
$$s_n = ns_1 - (n - 1)$$

При  $s_1 = 1$ , т. е. при пускѣ въ ходъ,  $s_n$  такъ же  $= 1$ , и слѣдовательно, всѣ слагающія поля высшихъ порядковъ. При  $s_1 = 1$  развиваютъ положительные вращающіе моменты; затѣмъ  $s_n$  убываетъ гораздо быстрее чѣмъ  $s_1$  и при  $s_1 = \frac{n-1}{n}$  обращается въ нуль; при этомъ же  $s_1$  обращается въ нуль вращающій моментъ  $n$ -го порядка.

При меньшихъ значеніяхъ  $s_1$  до  $s_1 = 0$ , т. е. до синхронизма съ основнымъ полемъ,  $s_n$  и вращающій моментъ  $n$ -го порядка остаются отрицательными, и значитъ поле  $n$ -го порядка дѣйствуетъ тормозящимъ образомъ. Между точками  $s_1 = 1$  и  $s_1 = \frac{n-1}{n}$  лежитъ положительный, между точками  $s_1 = \frac{n-1}{n}$  и  $s_1 = 0$ —отрицательный максимумъ вращающаго момента  $n$ -го порядка.

Если амплитуды  $A_3, A_5$  и т. д. малы, то ихъ вліяніе на форму кривой результирующаго момента почти незамѣтно, но могутъ быть случаи, о которыхъ было упомянуто выше, когда мо-

менты высшихъ порядковъ такъ деформируютъ кривую основнаго вращающаго момента, что въ результирующей кривой между точками  $s_1 = 0$  и  $s_1 = 1$ , вмѣсто одного появляется нѣсколько максимумовъ. Подобный случай представленъ на фиг. 4.



Фиг. 4.

Кривая I представляетъ кривую моментовъ, соответствующихъ основному полю  $\frac{m}{2} A_1$ ; II—кривая вращающихъ моментовъ развиваемыхъ полемъ  $\frac{m}{2} A_3$ ; и III кривая результирующихъ дѣйствительныхъ моментовъ вращения. Какъ видно изъ чертежа вліяніе поля  $\frac{m}{2} A_3$  на столько сильно, что кривая III получаетъ два максимума, между которыми ординаты ея на небольшомъ промежуткѣ даже становятся отрицательными.

Аналитически къ построению этихъ кривыхъ можно прійти слѣдующимъ образомъ \*).

Если  $J$  амплитуда первичнаго тока, то токи отдѣльныхъ фазъ будутъ:

$$I \sin \omega t, I \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{m} \right), \dots \dots \dots (25)$$

Рядъ представляющій распределеніе поля на протяженіи полюснаго шага имѣетъ видъ

$$a_1 \sin \frac{2\pi X}{l} + a_3 \sin \frac{6\pi X}{l} + \dots$$

гдѣ  $a_1, a_3, a_5 \dots$  нѣкоторыя дроби, а значенія  $X$  и  $l$  видны изъ фиг. 4, и, слѣдовательно, рядъ представляющій вращающееся поле есть

$$\frac{m}{2} \left\{ A_1 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi X}{l} \right) + A_3 \cos \left( \omega t - \frac{6\pi X}{l} \right) + \dots \right\} (25)$$

гдѣ  $A_1 = a_1 I, A_3 = a_3 I$ , и т. д.

Этотъ рядъ представляетъ сумму полей, вращающихся со скоростями  $\frac{\omega}{p}, \frac{\omega}{3p}, \frac{\omega}{5p}$  и т. д.

Вращающій моментъ асинхроничнаго двигателя можно представить формулой

\*) A. Potier. Journal de Physique. 1897.

$$T = CK^2 \frac{s}{a^2 + s^2}, \dots \dots \dots (26)$$

гдѣ S—скольженіе, K—рабочее поле, производимое внѣшнимъ токомъ, a и c—постоянныя.

Пренебрегая разсѣяніемъ, можемъ допустить, что члены ряда (25) равны соотвѣтственно величинамъ K<sub>1</sub>, K<sub>3</sub> и т. д. Тогда, применяя формулу (26) къ отдѣльнымъ полямъ, будемъ имѣть для результирующаго вращающаго момента двигателя выраженіе:

$$T = C \left\{ K_1^2 \frac{s_1}{a^2 + s_1^2} + K_3^2 \frac{s_3}{a^2 + s_3^2} + \dots \right\}$$

или, такъ какъ  $s_n = ns - (n + 1)$ ,

$$T = C \left\{ K_1^2 \frac{s_1}{a^2 + s_1^2} + K_3^2 \frac{3s_1 - 2}{a^2 + (3s_1 - 2)^2} + \dots \right\} \dots (27)$$

Формула эта очень приближительна; она была бы справедлива только для идеальнаго двигателя безъ магнитной утечки, но тѣмъ не менѣе она достаточно хорошо даетъ понятіе о характерѣ явленія, и построивъ ее мы получимъ кривыя подобныя кривымъ по фиг. 4.

Пусть M<sub>x</sub> (фиг. 4) величина внѣшняго момента, противодѣйствующаго вращенію двигателя.

Проводя прямую АВ на разстояніи M<sub>x</sub> отъ оси OS видимъ, что она пересѣчетъ кривую результирующаго вращающаго момента въ четырехъ точкахъ, соотвѣтствующихъ скольженія s', s'', s''' и s''', и что, слѣдовательно, двигатель можетъ вращаться, развивая требуемый моментъ съ четырьмя различными скоростями.

$$\omega' = \omega_1 (1 - s') \text{ и } \omega'' = \omega_1 (1 - s''), \omega''' = \omega_1 (1 - s''') \\ \text{и } \omega'''' = \omega_1 (1 - s'''' )$$

Движеніе двигателя при скоростяхъ ω' и ω''' не устойчиво, со скоростями же ω'' и ω'''' онъ работаетъ вполне устойчиво; ω' близка къ синхронизму, ω''' приблизительно =  $\frac{\omega_1}{3}$

Видъ ряда (25), т. е. величины A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> и т. д. зависятъ главнымъ образомъ отъ расположенія стержней статора.

Стержни ротора такъ же оказываютъ вліяніе на распределеніе поля, но только вслѣдствіе большаго числа стержней вліяніе это на высшіе гармоническіе члены меньше.

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ возможность измѣнять число оборотовъ двигателя въ самыхъ широкихъ предѣлахъ устраивая приспособленія для включения и выключения стержней съ цѣлью измѣненія распределенія поля. На практикѣ впрочемъ кажется эта система не нашла примѣненія.

Болѣе практичнымъ оказывается другой способъ, сходный съ только что описаннымъ по идѣѣ.

Если роторъ трехфазнаго асинхроннаго двигателя снабдимъ однофазной обмоткой, для чего достаточно выключить одну изъ фазъ, то въ немъ будетъ возбуждаться обыкновенный

переменный токъ числа періодовъ ∞, гдѣ s—скольженіе ротора относительно поля статора, создающее поле постояннаго направленія относительно ротора.

Подобное поле, по указанію Феррариса, можно разсматривать какъ слагающееся изъ двухъ полей, вращающихся въ противоположныя стороны.

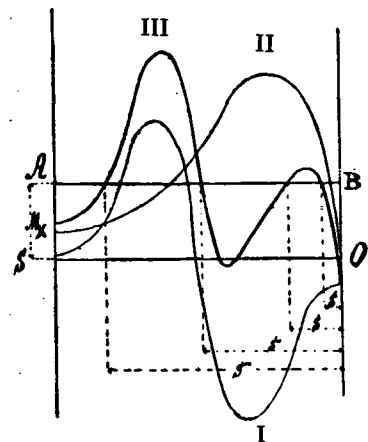
Скорость вращенія этихъ слагающихся полей относительно ротора будетъ ±sω<sub>1</sub>, гдѣ ω<sub>1</sub> угловая скорость поля въ статорѣ. Если ω есть угловая скорость ротора, то скорости вращенія разсматриваемыхъ слагающихся полей относительно статора будутъ

$$\omega_2 + s\omega_1 = \omega_1$$

и

$$\omega_3 - s\omega_1 = \omega_1 (1 - 2s)$$

Первое изъ этихъ полей складываясь вмѣстѣ съ полемъ статора даетъ кривую вращающаго момента обычнаго вида. Второе, скольженіе котораго относительно стержней статора есть 1—2s, даетъ очевидно при s=0 до s=0,5, положительный вращающій моментъ, при s=0,5 вращающій моментъ равный нулю, между s=0,5 и s=1—отрицательный вращающій моментъ. Обѣ кривыя моментовъ представлены на фиг. 5



Фиг. 5.

и обозначены римскими цифрами I и II. Кривая результирующаго момента (III) имѣетъ два максимума и даетъ съ прямой АВ, представляющей внѣшній моментъ, четыре точки пересѣченія, соотвѣтствующихъ четыремъ скоростямъ вращенія:

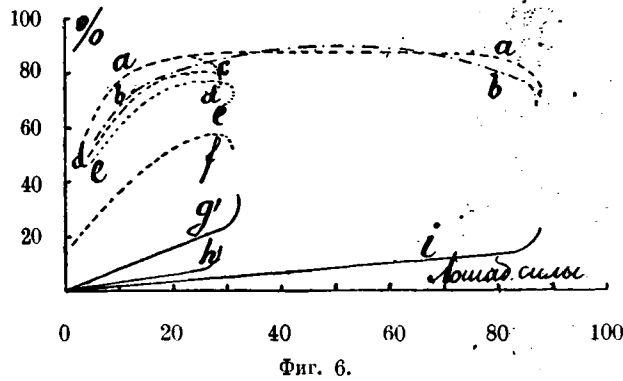
$$\omega' = \omega_1 (1 - s'), \omega'' = \omega_1 (1 - s''), \omega''' = \omega_1 (1 - s''') \\ \text{и } \omega'''' = \omega_1 (1 - s'''' )$$

Какъ и въ примѣрѣ, представленномъ на фиг. 4, движеніе при скоростяхъ ω' и ω''' неустойчиво, такъ какъ въ этихъ точкахъ при уменьшеніи скорости вращающій моментъ быстро убываетъ, со скоростями же ω'' и ω'''' двигатель вращается вполне устойчиво.



При работѣ съ половиною скоростью двигатель имѣетъ очень низкій показатель мощности; при работѣ же съ полною скоростью, если точки  $s'$  и  $s''$  лежать близко, происходят колебания между этими точками, что причиняет миганіе въ параллельно включенныхъ лампахъ.

Въ заключеніе приведемъ кривыя работы (фиг. 6) трехфазнаго двигателя при описан-



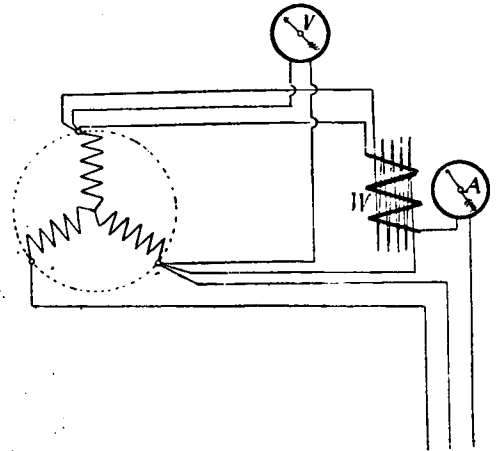
Фиг. 6.

номъ, такъ называемомъ одноосномъ соединеніи (Einachsige Schaltung), взятая изъ книги «Handbuch d. Elektrotechnik», von C. Heinke. В. IX.

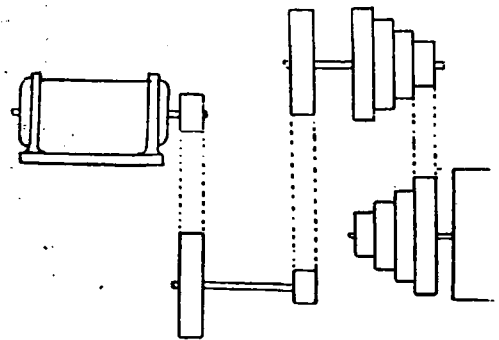
- а) кривая  $\eta$  (коэф. пол. д.) какъ обычн. трехфазн. двигатель.
- б) кривая  $\cos\varphi$  (косф. пол. д.) какъ обычн. трехфазн. двигатель.
- с) кривая  $\eta$  какъ одноосный двигатель (полная скорость).
- д) кривая  $\cos\varphi$  какъ одноосный двигатель (полная скорость).
- е) кривая  $\eta$  какъ одноосный двигатель (половинная скорость).
- г) кривая  $\cos\varphi$  какъ одноосный двигатель (половинная скорость).
- г) кривая скольженія однооснаго двигателя при половинной скорости.
- h) кривыя скольженія однооснаго двигателя при полной скорости.
- и) кривая скольженія двигателя какъ обыкновеннаго трехфазнаго.

шлага года въ мастерскихъ означенной желѣз. дороги были произведены опыты надъ 4-мя колесно-токарными станками, приводимыми въ движеніе 15-ти сильными электродвигателями помощью потолочной трансмиссии и надъ однимъ такимъ-же, приводимымъ въ движеніе 3-хъ сильными двигателями, какъ для двигателей, такъ и для освѣщенія пользовались трехфазнымъ токомъ напряженіемъ въ 200 вольтъ.

На фиг. 7 и 8 показаны схемы включенія измѣрительныхъ приборовъ и передачи отъ электродвигателей къ станкамъ.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Опыты съ одиночнымъ приводомъ дали нижеслѣдующія таблицы, могущія служить для сравненія расходовъ энергіи при различныхъ условіяхъ работы.

Табл. 1.

(Постоянная ширина стружки).

Ширина стружки, мм.	Скорость рѣзана на окружности колеса, см. въ сек.	Подача рѣзца, мм. въ минуту.	Расходъ энергіи, лощ. силы.
1,5	23,6	3	2,18
1,5	15,7	2	1,69
1,5	10,9	1,4	1,09
1,5	6,8	0,87	0,88

Графически эти результаты изображены на фиг. 9 для подачи рѣзца въ 3 мм. въ мин.

## Второй Всероссийскій Электротехническій Съѣздъ въ Москвѣ.

(Продолженіе \*).

Обзоръ докладовъ.

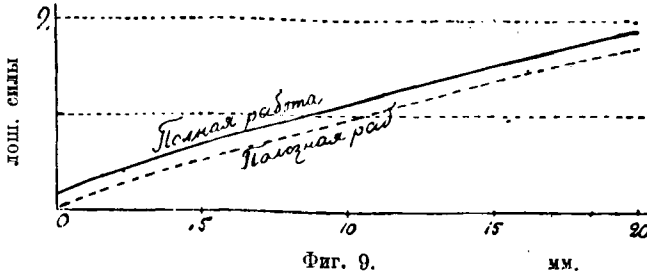
**Н. А. Рейхель.** Результаты изслѣдованія групповаго и одиночнаго электрическихъ приводовъ въ Прушковскихъ мастерскихъ Варшавско-Вѣнской жел. дор. Для сравненія экономичности групповаго и одиночнаго электрическихъ приводовъ въ маѣ мѣсяцъ про-

\* См. Электричество, т. г. № 11—12, стр. 165.

Табл. 2 (постоянная скорость).

Ширина стружки мм.	Скорость рѣза см./сек.	Подача рѣза на мм./мин.	Расходъ энергии лощ. сил.
1,5	6,8	0,87	0,88
4	6,8	0,87	1,56
5,5	6,8	0,87	2,02
9	6,8	0,87	2,4

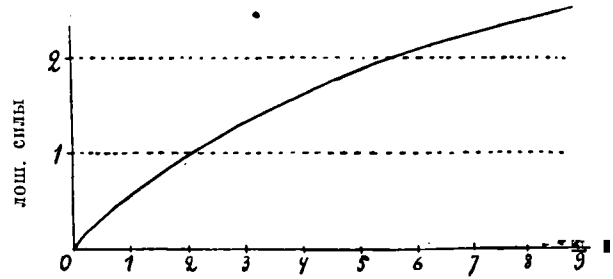
Графически эти результаты изображены на фиг. 10. Таблица 3 показываетъ энергию, поглощаемую



Фиг. 9.

равнялась 1,5 мм. и средняя ширина стружки—4,5—5 мм.

Данные последней таблицы изображены графически на фиг. 15. Въ ней ординаты ограничены ли-



Фиг. 10.

нией ad' (точнѣ линіей ahd') выражаютъ потери въ трансмисіи, ординаты выше этой линіи—расходъ энергии въ станкахъ. При одиночномъ приводѣ потери на трансмисію меньше и онѣ выражаются линіей MN.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія трансмисіи въ

какъ однимъ двигателемъ, такъ и съ послѣдовательно включенными передачами и холостымъ станкомъ

Табл. 3.

Двигатель одинъ.	Расходъ энергии въ ваттахъ.	Отданная энергія въ ваттахъ.
" и 1 передача.	210	43=0,06 л. с.
" " 1 и 2 "	265	130=0,17 "
и холостой станокъ съ наименьшимъ числомъ оборотовъ . . . . .	355	200=0,27 "
То же но съ наибольшимъ числомъ оборотовъ . . . . .	435	377=0,51 "

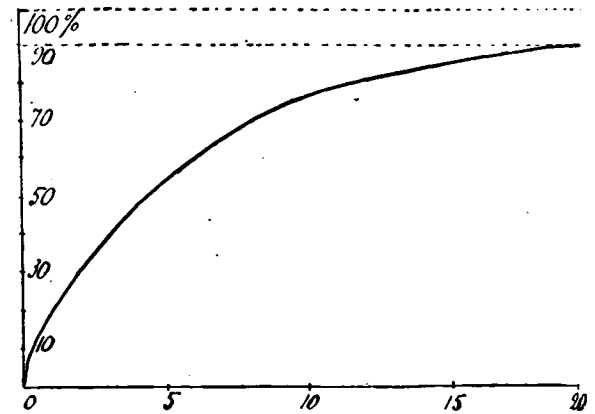
На фиг. 11 показанъ коэф. полезнаго дѣйствія станка при различныхъ скоростяхъ рѣза на окружности обрабатываемаго предмета.

На фиг. 12 и 13 показаны расходы энергии при различной толщинѣ и ширинѣ стружки; на фиг. 12—стружка узкая, толстая, и на фиг. 13—широкая, тонкая.

Испытанія надъ групповою передачей (схема передачи показана на фиг. 14) дали слѣдующіе результаты:

Родъ нагрузки.	Полный расходъ энергии въ ваттахъ.	Отданная энергія въ л. с.
4 токар. станка съ нагрузкой.	9700	11,3
5 " " " "	7550	8,5
2 " " " "	5200	5,5
1 " " " "	3720	3,56
4 " " безъ нагрузки.	4140	4,14
3 " " " "	3648	3,47
2 " " " "	3100	2,77
1 " " " "	3520	2,38
Трансмисія одна . . . . .	2350	1,75
Двигатель одинъ . . . . .	1200	—

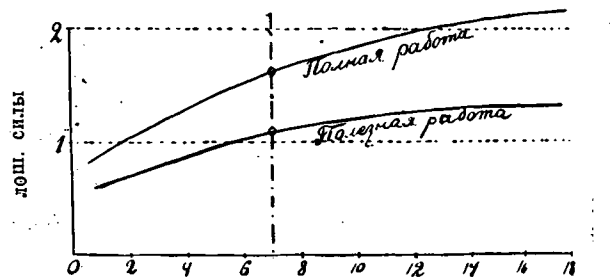
При этихъ испытаніяхъ скорость на окружности обрабатываемаго ската была всегда одинакова и равнялась 6,05 см./сек., горизонтальная подача рѣза



Фиг. 11.

групповомъ приводѣ зависитъ отъ числа станковъ, работающих въ холостую. Такъ напримѣръ когда всѣ 4 станка работают онѣ равны 78%, когда работает только одинъ, а остальные 3 вращаются въ холостую онѣ равны лишь 14%.

Легко усмотрѣть, что работа одиночнаго привода



Фиг. 12.

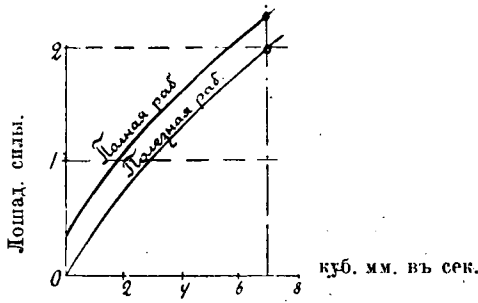
значительно выгоднѣе таковой группового. Если подсчитать годовую стоимость работы 4-хъ колесно-токарныхъ станковъ при одиночномъ и групповомъ приводахъ, то при первомъ она получится равной 1317 р. (изъ нихъ на потери въ трансмисіи прихо-

дится 91 р.), при втором—1919 р. (изъ нихъ 604 р. на потери въ трансмисси).

Графически это показано на фиг. 15.

Одиночный приводъ даетъ такимъ образомъ для 4-хъ станковъ годовичную экономию въ 604 р.

Что касается стоимости станковъ съ электриче-

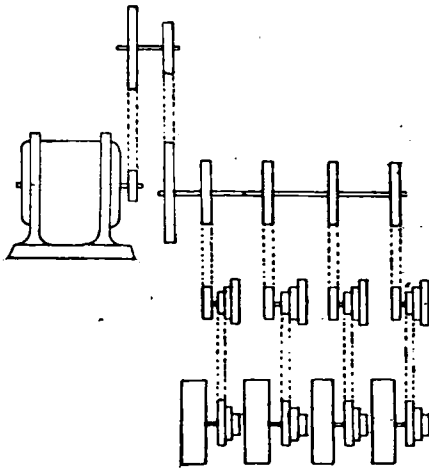


Фиг. 13.

ской передачей (одиночный приводъ), то она на 7-9% выше таковыхъ съ механической трансмиссией, передѣлка существующей механической трансмисси на электрическую (одиночный приводъ) повышаетъ стоимость на 14—18%.

Если сравнить стоимости одиночного и группового приводовъ, то первый дороже второго на 3—4% стоимости всего устройства.

Для данного случая, гдѣ стоимость 4-хъ станковъ составляетъ 24000 р. вся стоимость при одиночномъ



Фиг. 14.

приводъ будетъ  $24000 + 4 \times 856 = 27424$  р., при групповомъ  $24000 + 2520 = 26520$  р., то есть всего на 904 р. дешевле, что составляетъ  $\frac{904 \times 100}{26520} = 3,4\%$ ,

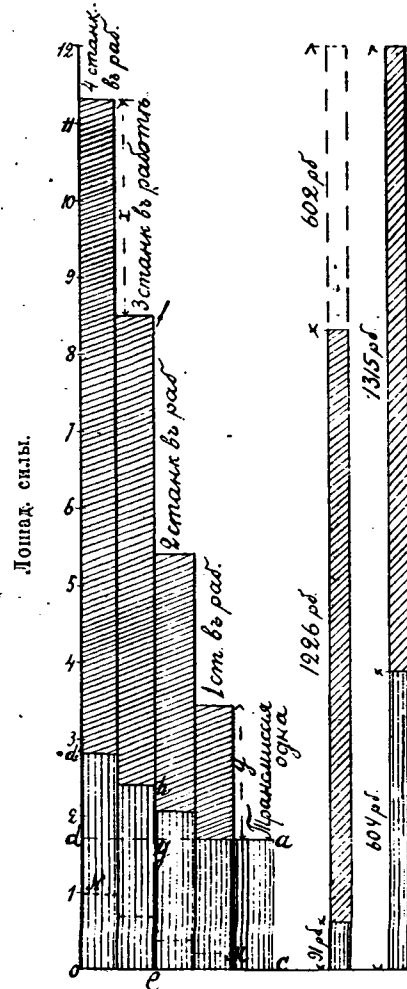
Приведенныя цифры наглядно показываютъ насколько одиночный приводъ экономнѣе группового и насколько онъ оправдываетъ расходы по устройству.

Что касается невыгодности работы небольшихъ электродвигателей въ сравненіи съ большими, то этотъ факторъ въ настоящее время потерялъ уже то значеніе, которое онъ раньше имѣлъ, такъ какъ въ последнее время коэфф. полезнаго дѣйствія софр. малыхъ электродвигателей значительно повышены. Такъ для трехфазныхъ двигателей можно требовать слѣдующій коэфф. полезнаго дѣйствія:

Можность двигателя въ л. с.	Косфф. пол. дѣйствія въ %	Расходъ ваттовъ на л. с.
1/2	72	1000
1	75	980
2	78	890
3	83	890
5	85	870
10	86	850
16	86	830

Фиг. 16 изображаетъ характеристику двухъ трехфазныхъ двигателей въ 3 л. с. одной и той-же фирмы—старого типа (DR 30) и новаго (RD 30).

При послѣдовавшемъ обмѣнѣ мнѣніи по поводу доклада было обращено вниманіе на то, что указан-



Фиг. 15.

ная докладчикомъ экономія при эксплуатации одиночнымъ приводомъ отчасти или всецѣло можетъ поглотиться ремонтомъ электродвигателей; при сравненіи того или другого привода, расходы по ремонту должны быть приняты во вниманіе. Было также указано на сравнительно бѣдный матеріалъ имѣющійся въ настоящее время по поводу затронутого докладчикомъ вопроса и было выражено желаніе создать по возможности болѣе практическихъ данныхъ относительно работы того и другого привода.

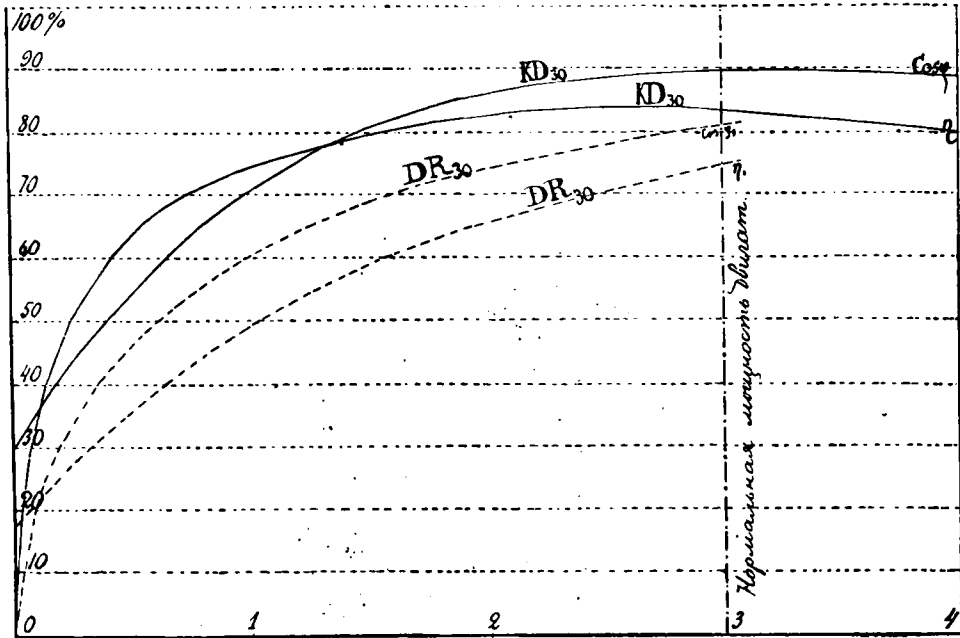
С. Б.

**В. И. Свинцицкий.** О наиболее экономическом и рациональном способе оборудования электрической энергией главных железнодорожных мастерских. Цель доклада—сравнение одиночного и группового приводов при электрической передаче силы в главных железнодорожных мастерских, предназначенных для капитального ремонта подвижного состава. Смотря по условиям работы, слѣдует отдать предпочтение тому или другому приводу.

Для колеснаго цеха, въ которомъ производится обмотка бандажей колесныхъ скатовъ, расточка бан-

дажныхъ мастерскихъ устройство группового привода для 8 станковъ и 4-хъ точилъ, включая 41-сильный электродвигатель, всѣ трансмиссионныя части и подземный каналъ для трансмиссионнаго вала и канаты для ремней, обошлось въ 13277 р. 45 к. Одиночный приводъ для этого цеха, по подсчету докладчика, обошелся бы въ 10,000 р., т. е. на 2377 р. 45 к. или на 18% дешевле. И здѣсь, слѣдовательно, надо предпочесть одиночный приводъ групповому.

Для токарнаго цеха, въ которомъ работа болѣе однообразна и непрерывна—въ немъ простой обыкновенно не превышаетъ 25%, рабочаго времени—



Фиг. 16.

дажей, обмотка осей и шеекъ и насадка бандажей, въ виду значительнаго простоя станковъ, который въ среднемъ равняется около 40% рабочаго времени, слѣдуетъ отдать предпочтение одиночному приводу, представляющему, кромѣ этого, еще и другія преимущества. Докладчикъ ссылается на опыты, сдѣланные въ 1901 въ Прушковскихъ мастерскихъ Варшаво-Вѣнской жел.-дор., доказавшіе, что работа колесно-токарныхъ станковъ обходится дешевле при одиночномъ приводѣ, чѣмъ при групповомъ (см. выше, докладъ Н. А. Рейхеля).

Что касается стоимости устройства при томъ и другомъ приводахъ, то докладчикъ приводитъ стоимость устройства групповой передачи для колеснаго цеха, вновь построенныхъ мастерскихъ на станціи Великіе Луки, Московско-Виндаво-Рыбинской жел. дор. Два электродвигателя постоянного тока въ 20 л. с. каждый, трансмиссионныя валы, шкивы, ремни, балки, подвѣски, контофорсы и проч. трансмиссионныя принадлежности для 2-хъ группъ станковъ, состоящихъ одна изъ 5 станковъ и одного гидравлическаго пресса, другая изъ 4-хъ станковъ и одного наждачнаго точила, обошлись въ 11777 р. 35 к. Если бы вмѣсто группового привода для колеснаго цеха былъ принятъ одиночный приводъ, то, по подсчету докладчика, это обошлось бы въ 9968 р., т. е. на 1809 р. 30 к. или на 16% дешевле.

Такъ что для колеснаго цеха одиночный приводъ, помимо болѣе дешевой эксплуатаціи и другихъ преимуществъ, обходится дешевле группового, во всякомъ случаѣ не дороже.

Для деревообдѣлочнаго цеха тѣхъ же Велико-

докладчикъ стоитъ за групповой приводъ, при чемъ совѣтуетъ разбить станки на группы, и каждую группу снабдить своимъ групповымъ приводомъ съ электродвигателемъ мощностью около 10 л. с.

Число оборотовъ трансмиссионнаго вала не слѣдуетъ выбирать слишкомъ низкимъ, такъ какъ это влечетъ за собою увеличеніе его размѣровъ и заставляетъ прибѣгать, для избѣжанія большихъ шкивовъ и большихъ кронштейновъ, къ дорогостоящимъ тихоходнымъ двигателямъ.

Далѣе докладчикъ указываетъ на неудобства и на недоразумѣнія, происходящія часто отъ того, что нѣтъ точныхъ данныхъ относительно расхода энергіи въ рабочихъ станкахъ и приводитъ таблицы таковыхъ для различныхъ станковъ, которыми можно пользоваться при выборѣ электродвигателей.

Что касается выбора системы тока—постояннаго или трехфазнаго, то относительно этого нельзя сказать ничего абсолютнаго. Строгое взвѣшивание преимуществъ и недостатковъ той и другой системы, сообщаясь съ мѣстными условиями, различными для каждаго случая, можетъ рѣшить вопросъ въ пользу той или другой системы.

Касаясь выбора напряженія тока, докладчикъ находитъ, что для освѣщенія лампочками накаленія, напряженіе въ 200 вольтъ не всегда можетъ оказаться болѣе выгоднымъ, чѣмъ напряженіе въ 100 вольтъ.

Давая нѣкоторую экономію въ проводахъ, оно увеличиваетъ расходъ энергіи при горѣніи. Такъ, напримѣръ, 16-свѣчную 200-вольтовую лампочку можно разсматривать какъ двѣ 8-свѣчныя 100-вольтовые

угольные нити которых соединены последовательно. А опытом доказано, что чем меньше лампочка, тем больше расход энергии на свѣчу. Для 100 вольтовых лампочек получается слѣдующій расходъ энергій:

32-свѣчная лампа потребляетъ 100 ваттъ	
16 " " " "	50 "
10 " " " "	35 "
5 " " " "	22 "

То есть расходъ колеблется отъ 3,1 до 4,4 ватта на свѣчу. Такимъ образомъ въ 100 вольтовой 16 свѣчной лампъ расходъ на свѣчу будетъ 3,1 ватта, а въ 200-вольтовой, около 3,5 — 4,5 ваттъ, что дастъ перерасходъ въ 20%.

При обмѣнѣ мнѣній П. П. Дмитренко, одинъ изъ авторовъ приведенныхъ испытаний въ Прушковскихъ мастерскихъ, нашелъ выводъ докладчика, о большей экономичности одиночнаго привода въ колесномъ цехѣ, основываясь на результатахъ испытаний въ Прушковскихъ мастерскихъ, несомнѣтельнымъ. Результаты получились благоприятные для одиночнаго привода лишь потому, что групповой приводъ работаетъ тамъ съ двигателемъ стараго типа. На самомъ дѣлѣ, какъ для колеснаго, такъ и для токарнаго цеховъ групповой приводъ болѣе экономиченъ.

Было также указано, что данная докладчикомъ величина простая въ 40% для колеснаго цеха слишкомъ велика.

Также найдены преувеличеннымъ указанный докладчикомъ расходъ энергій на 200-вольтовую лампу; въ настоящее время имѣется 220-вольтовая лампы, расходующія не болѣе 3,5 ваттъ на свѣчу.

(Постановленіе по докладу, см. Э—во, т. г. № 6, стр. 81 и 84).

С. Б.

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

Объ образованіи трудно растворимыхъ осадковъ при электролизѣ съ растворимыми анодами. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Луковъ получилъ въ различныхъ странахъ (между прочимъ, и въ Россіи) привилегіи на прямой электролитическій способъ получения нерастворимыхъ солей и окисей металловъ, какъ напр. перекиси свинца, свинцовыхъ бѣдиль, желтаго хрома (хромовокислаго свинца) и т. д. Сущность способа Лукова заключается въ томъ, что въ качествѣ электролита употребляется смѣшанный растворъ двухъ солей: одной такой, кислоты которой образуетъ съ металломъ анода растворимую соль, а другой, дающей съ металломъ анода соль нерастворимую; притомъ, вторая соль должна составлять 0,5—20% всей смѣси, а общая концентрація электролита не должна превышать 3%. Въ виду той важности, какую способъ Лукова можетъ имѣть для техническаго производства многихъ минеральныхъ красокъ (близъ Кельна уже построены заводы для производства по этому способу свинцовыхъ бѣдиль), а также въ виду чрезвычайной неясности теоретическихъ объясненій, приводимыхъ Луковымъ въ своихъ привилегіяхъ, проф. Лебланъ изслѣдовалъ недавно этотъ способъ обстоятельно въ лабораторіи Карlsruэскаго политехникума, причемъ опыты производились специально надъ образованіемъ желтаго хрома. Для этой краски Луковъ рекомендуетъ употреблять въ качествѣ электролита 1,5%-ный растворъ смѣси изъ 80% NaClO<sub>3</sub> и 20% Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. Въмѣсто слѣдней соли Лебланъ бралъ хромовокислый калий, отчего результаты не мѣнялись. Анодомъ служилъ листъ свинца, между двумя свинцовыми же катодами. Плотность тока была 0,58 амп. на 1 кв. дцм. Процессъ образованія хромовокислаго свинца совер-

шался вполне гладко; краска сама собой отпадала обильными хлопьями съ анодовъ и поверхность послѣднихъ оставалась чистой; никакого восстановленія хромовокислой соли у катодовъ не замѣчалось; напряженіе тока оставалось постояннымъ и равнымъ 2,1—2,2 вольта; выходъ краски, считая на работу тока, достигалъ 98,5—99%. Но совсѣмъ иные результаты получились, когда вмѣсто смѣси NaClO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> былъ употребленъ растворъ (опять 1,5%-ный) одного только хромовокислаго калия: анодъ покрылся слоемъ перекиси свинца, не получилось даже и слѣдовъ хромовокислаго свинца, а напряженіе у зажимовъ поднялось до 4 вольтъ. Въ виду этого Лебланъ перешелъ къ растворамъ промежуточныхъ составовъ (примечъ общяя концентрація оставалась всегда = 1,5%) и получилъ слѣдующее:

Составъ раствора	Выходъ PbCrO <sub>4</sub>	Напряженіе тока
80% NaClO <sub>3</sub> + 20% K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	98,5—99%	2,1—2,2 вольта
70 " " 30 "	96 "	при механическомъ удаленіи PbCrO <sub>4</sub> съ поверхности анода 2,1—2,3 в.; безъ этого—до 6 в.
65 " " 35 "	46 "	2,5—4,8 вольта
60 " " 40 "	20 "	2,6—4,9 "
50 " " 50 "	0 "	3—4,7 "

Чѣмъ больше K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и меньше NaClO<sub>3</sub> заключалъ въ себѣ растворъ, тѣмъ съ большимъ трудомъ свинцовая соль отдѣлялась отъ анода и тѣмъ больше она была смѣшана съ перекисью свинца. Меньшее вліяніе оказывала общяя концентрація электролизуемаго раствора; такъ, хорошіе результаты (96—100% полезной работы тока) получились при употребленіи 3% и 6%-наго раствора смѣси 80 частей NaClO<sub>3</sub> + 20 ч. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, а также 12%-наго раствора смѣси 90 ч. NaClO<sub>3</sub> + 10 ч. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. Однако, въ этихъ опытахъ свинцовая соль отпадала съ анодовъ значительно труднѣй, чѣмъ при употребленіи 1,5%-наго раствора, такъ что ее приходилось считать съ ихъ поверхности механически; но за то напряженіе тока, благодаря лучшей проводимости электролита, уменьшилось до 1,5—1,6 вольта. Слѣдуетъ также отмѣтить, что при повышеніи общей концентраціи раствора пропорція хромовокислаго калия относительно хлорноватокислаго натрія должна была быть уменьшена.

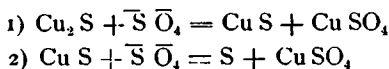
Далѣе, Лебланъ пробовалъ замѣнить хлорноватокислый натрій другими, подобными-же солями: селитрой, уксуснокислымъ и маслянокислымъ натріемъ. Удовлетворительные результаты (подобно хлорноватокислому натрію) дала только гелитра. Наконецъ, было изслѣдовано вліяніе плотности тока; оказалось, что повышение плотности противъ показанной выше сильно понижало выходъ продукта, вызывало образованіе перекиси и т. д.

Что касается причинъ описанныхъ явленій, то Лебланъ видитъ ее въ слѣдующемъ. При употребленіи раствора одной только хромовокислой соли, токъ переносится къ аноду ионами CrO<sub>4</sub>, а частицы хромовокислаго свинца, образуясь непосредственно у анода, крѣпко пристають къ его поверхности, слѣдствиемъ чего является повышение напряженія, окисленіе PbCrO<sub>4</sub> въ перекись свинца и т. д. Когда-же электролизуется растворъ, содержащій въ себѣ много хлорноватокислаго натрія и мало хромовокислаго калия, то токъ переносится къ аноду преимущественно ионами ClO<sub>3</sub>; поэтому слой жидкости по близости анода очень быстро истощается хромовой солью; свинецъ анода растворяется въ видѣ Pb(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, а осажденіе нерастворимаго хромовокислаго свинца можетъ совершаться только на нѣкоторомъ разстоя-

нин отъ анода, поверхность котораго остается поэтому совершенно чистой. (Z. f. Electroch. 1902, № 18).

### Объ электрическомъ извлеченіи мѣди.

I. Эгли изслѣдовали недавно т. наз. прямой способъ электролитическаго извлеченія мѣди изъ рудъ, т. е. такой, при которомъ сама руда служитъ анодомъ. При употребленіи съ этой цѣлью мѣднаго блеска ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), и, въ качествѣ электролита, сѣрной кислоты уд. в. 1,225 раствореніе анодовъ совершалось въ двухъ фазахъ:



Промежуточное образованіе сѣрнистой мѣди  $\text{CuS}$  было замѣтно по почерненію анодовъ; кромѣ того, анодная грязь состояла изъ  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Cu S}$  и сѣры. При очень высокой плотности тока сѣра на анодѣ окислялась въ  $\text{SO}_4 \text{H}_2$ ; но въ предѣлахъ технически достижимыхъ плотностей (до 30 амп. на 1 кв. дцм.) такого окисленія не происходило. Полезное дѣйствіе тока при употребленіи отлитыхъ изъ руды анодовъ достигало вначалѣ 90%; но вскорѣ, благодаря образованію на поверхности анодовъ слоя грязи указаннаго состава, оно сильно падало, требуемое же напряжение такъ-же быстро возрастало. При употребленіи анодовъ изъ гранулированной руды полезное дѣйствіе тока уже въ началѣ не превышало 40%.

Далѣе Эгли замѣнили сѣрную кислоту соляной. При этомъ полусѣрнистая мѣдь  $\text{Cu}_2\text{S}$  опять окислялась промежуточно въ сѣрнистую  $\text{Cu S}$ ; но сѣра не отлагалась на анодахъ, а растворялась, подѣ окисляющимъ дѣйствіемъ іоновъ хлора, въ видѣ  $\text{SO}_4 \text{H}_2$ . У поверхности анодовъ жидкость окрашивалась въ темно-коричневый цвѣтъ; этотъ слой обладалъ высокимъ сопротивленіемъ и вызывалъ, даже, несмотря на циркуляцію жидкости, сильныя колебанія напряжения тока у зажимовъ. При употребленіи разведенной (но не крѣпкой!) соляной кислоты, на анодахъ появлялась также металлическая мѣдь. Полезное дѣйствіе тока, по сравненію съ мѣднымъ вольтметромъ, составляло 146,8%, изъ чего слѣдуетъ, что мѣдь переходила въ растворъ въ видѣ соединения, отвѣчающаго закиси, а не окиси, т. е. въ видѣ полухлористаго соли  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$ .

Были также сдѣланы опыты употребленія той же руды ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) въ качествѣ катода, электролизуя 18%-ный растворъ каустической соды. При этомъ до 70% всей сѣры перешло въ растворъ въ видѣ сѣрнистаго натрія. Остающаяся катодная грязь была окрашена выдѣлившейся металлической мѣдью въ красный цвѣтъ, но заключала въ себѣ еще также полусѣрнистую мѣдь  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Промывая эту грязь и употребляя ее затѣмъ въ качествѣ анода при электролизѣ сѣрной кислоты уд. в. 1,225, можно было извлечь изъ нея чистую мѣдь, но не сполна, такъ какъ извлеченію мѣди мѣшаетъ присутствіе оставшейся въ грязи неразложившейся полусѣрнистой мѣди; полное же удаленіе сѣры при первомъ электролизѣ (т. е. при употребленіи руды въ качествѣ катода въ щелочи) практически не удается, такъ какъ полезное дѣйствіе тока въ этомъ процессѣ уменьшается съ накопленіемъ металлической мѣди (а также съ повышеніемъ плотности тока).

Наконецъ, авторъ произвелъ нѣсколько опытовъ относительно наилучшихъ условій электролитическаго осажденія мѣди изъ растворовъ хлорной мѣди  $\text{Cu Cl}_2$ . Наибольше благоприятная температура 25° Ц.; при болѣе низкой, мѣдь осаждается въ губчатомъ видѣ, при болѣе высокой она недостаточно чиста. Полезное дѣйствіе тока возрастаетъ съ его плотностью, но достигаетъ максимума, когда на катодѣ вмѣстѣ съ мѣдью начинается выдѣляться водородъ. Наибольше чистая мѣдь получается, употребляя въ

качествѣ электролита растворъ, содержащій 13,45 гр.  $\text{Cu Cl}_2$ , 3,65 гр.  $\text{HCl}$  и 5,85 гр.  $\text{NaCl}$  въ литрѣ. (Zt. angew. Chemie 1902).

**Постоянное намагничиваніе нѣкоторыхъ специальныхъ сортовъ стали.** А. Абтъ изслѣдовалъ намагничиваніе семи сортовъ стали: 1) обыкновенной углеродистой; 2) марганцовой; 3) марганцовой съ высокимъ содержаніемъ марганца; 4) хромовой; 5) вольфрамовой; 6) хромоникелевой, и 7) никелевой. Изъ каждого сорта изготовлялось нѣсколько пробныхъ призматическихъ брусковъ, 10—14,6 см. длины и  $1,4 \times 1,4$  см. въ разрѣзѣ; намагничиваніе производилось катушкой 27,25 см. длины, съ 671 виткомъ; сила тока была отъ 1,3 до 24,0 амперъ. Получились слѣдующіе результаты:

Обозначая чрезъ  $M$ —магнитный моментъ, чрезъ  $I$ —силу намагничивающаго тока, отношеніе  $\frac{M}{I}$  возрастаетъ съ увеличеніемъ  $I$ , но только до нѣкотораго предѣла, далѣе же опять уменьшается; въ большей части случаевъ максимумъ этого отношенія былъ найденъ для  $I$ —ок. 20 амперъ, но сталь богатая марганцемъ, достигала максимума магнитнаго момента уже при 10 амперахъ. Наибольшій магнитный моментъ былъ найденъ въ хромо-никелевой стали, наименьшій—въ марганцовой съ высокимъ содержаніемъ марганца. Вліяніе марганца на постоянное намагничиваніе видно также изъ того, что бѣдная марганцовая сталь достигла почти такого-же момента, какъ хромовая (73); въ богатой-же получился моментъ только = 6, а въ одномъ случаѣ даже вовсе не могло быть обнаружено постояннаго магнетизма.—Сила намагничиванія болѣе велика въ длинныхъ брускахъ, чѣмъ въ короткихъ. Размагничиваніе въ обратномъ полѣ совершается вполне правильно, а кривыя намагничиванія и размагничиванія имѣютъ только одну точку изгиба, которая въ различныхъ сортахъ получается при различной силѣ поля; до этой точки магнитный моментъ измѣняется быстрѣе, чѣмъ сила поля, далѣе—медленнѣе. Вольфрамовая сталь Реми достигаетъ почти въ четыре раза болѣе сильнаго намагничиванія, чѣмъ венгерская вольфрамовая сталь.—Интересно, въ заключеніе, наблюденіе Абта; что лимонитъ ( $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ) обладаетъ настолько замѣтной магнитностью, что ориентируется въ полѣ даже довольно слабога электромагнита; но постояннаго магнетизма онъ въ себѣ въ сколько нибудь замѣтной степени не задерживаетъ. (Drude's Annalen т. VI).

**Опыты надъ когереромъ.** Новые опыты надъ дѣйствіемъ когерера были произведены Экклесомъ и I Бозе. Первый употреблялъ когереры изъ никелевыхъ оценокъ, съ серебряными электродами, состоявшими другъ отъ друга на 0,3 мм., въ вакуированной стеклянной трубкѣ. Экклесъ располагалъ большимъ числомъ такихъ когереровъ, которые уже раньше долгое время находились въ употребленіи и чувствительность которыхъ была поэтому хорошо извѣстна. Опыты производились слѣдующимъ образомъ. Для полученія определенной разности потенциаловъ у концовъ когерера послѣдній включался, вмѣстѣ съ сопротивленіемъ 10 тыс. омъ и зеркальнымъ гальванометромъ, въ боковую вѣтвь главной цѣпи, составленной изъ 6 аккумуляторовъ и проволоки 1000 футовъ длины, намотанной на длинную эбонитовую палку; помощью скользящаго контакта, движущагося параллельно оси палки, въ боковую вѣтвь отводились напряжения, регулируемыя отъ 0,02 до 0,02 вольта. Когереръ былъ плотно укрѣпленъ въ деревянной рамѣ и декогерировался ударами Вагнерова молоточка; сила и число ударовъ послѣднихъ могли быть точно регулированы, и когереры

получать 50 ударовъ въ секунду. При такомъ частомъ сотрясеніи получились неожиданно правильные результаты и между разностью потенциала у концовъ когерера и силой протекающаго чрезъ него тока оказалась правильная, постоянная и, притомъ, н.е. прерывная зависимость. Изображая результаты графически и нанося разность потенциаловъ по оси абсциссъ, силу тока чрезъ когереръ—по оси ординатъ, Эккельсъ получилъ кривыя, начинающіяся съ нуля, затѣмъ медленно поднимающіяся, дѣлающія быстрый изгибъ вверхъ и поднимающіяся дальше почти прямолинейно, подобно вѣтви гиперболы. Что касается различныхъ когереровъ, то въ ихъ кривыхъ изгибы вверхъ появляются тѣмъ раньше, т. е. при тѣмъ меньшей разности потенциаловъ, чѣмъ чувствительнѣй когереръ. Подобные же результаты были найдены и при употребленіи когереровъ съ желѣзными опилками, между тупыми или острыми электродами; послѣдніе даютъ, однако, болѣе плоскія кривыя, съ позже появляющимся изгибомъ вверхъ. Основываясь на этихъ фактахъ, Эккельсъ объясняетъ механизмъ дѣйствія когерера тѣмъ, что частички мѣтала, имѣющія неправильную и въ общемъ удлиненную форму, подѣ дѣйствіемъ электростатическаго поля испытываютъ вращеніе и располагаются вдоль оси трубки, отъ одного электрода къ другому; послѣ того, какъ всѣ частички пришли въ это положеніе, сила проходящаго чрезъ когереръ тока становится пропорціональной разности потенциаловъ. Такимъ образомъ, дѣйствіе электрическихъ волнъ на когереръ не имѣетъ въ себѣ ничего специфическаго, а вызывается лишь возбуждаемой ими разностью потенциаловъ. Найденные результаты достаточно близко совпадаютъ съ формулой:

$$y = \frac{x - C}{R + \frac{B}{x - E}}$$

гдѣ  $y$ —означаетъ силу тока,  $x$ —разность потенциаловъ,  $R$ —остальное сопротивление цѣпи,  $E$ —постоянная, пропорціональная разстоянію между электродами,  $B$  и  $C$ —двѣ постоянныя.

Къ подобнымъ же результатамъ пришелъ и Бозе, когереръ котораго, однако, имѣлъ другое устройство, а именно состоялъ изъ точно регулируемаго контакта между остриемъ и изогнутой металлической поверхностью. Для зависимости между силой тока (ординаты) и разностью потенциаловъ (абсциссы) получились также гиперболообразныя кривыя. При этомъ было сдѣлано совершенно новое, очень интересное наблюдение, показывающее что въ употребленномъ Бозе когерерѣ существуетъ своего рода гистерезисъ, легко замѣтный при циклическомъ измѣненіи электродвижущей силы. Кривыя гистерезиса когерера въ общемъ похожи на кривыя магнитнаго гистерезиса, съ той однако разницей, что въ точкѣ обращенія измѣненія разности потенциаловъ нѣтъ остраго излома кривой обратно, а имѣется болѣе или менѣе длинный участокъ, идущій вверхъ; т. е. другими словами, сила проходящаго чрезъ когереръ тока еще продолжаетъ нѣкоторое время увеличиваться послѣ того, какъ электродвижущая сила уже начала падать. Эта петля гистерезиса тѣмъ шире, чѣмъ выше максимальная электродвижущая сила. Въ когерерахъ автоматическихъ, т. е. приборѣтающихъ первоначальную проводимость безъ сотрясенія извнѣ, гистерезиса не наблюдается. (Electrician, т. 47).

**Законы прозрачности матеріи для рентгеновскихъ лучей.** Уже давно Бенуа и Гурмуческу показали, что рентгеновскіе лучи, полученные отъ трубокъ съ различною степенью разряженія, съ различными электродами и при различныхъ разрядахъ, обладаютъ далеко не одинаковымъ коэффициентомъ поглощенія въ одномъ и томъ же данномъ веществѣ.

Методъ поглощенія оказался единственнымъ для классификаціи различныхъ родовъ рентгеновскихъ лучей, такъ какъ отсутствіе для нихъ преломленія и дифракціи не даетъ возможности разложить пучекъ ихъ на составныя части въ видѣ спектра.—Способность представлять различную степень проникновенія данного рода лучей въ различные вещества и разнаго рода лучей въ одно и то же вещество Бенуа называлъ радиохроизмомъ. Для изслѣдованія радиохроизма Бенуа бралъ различныя вещества и пропускалъ черезъ нихъ разные роды рентгеновскихъ лучей. При этомъ прозрачность парафинна въ слое 75 мм. толщиною была принята за единицу. Оказалось, что на величину поглощенія вліяетъ не толщина проникаемаго слоя и не его физическое состояніе, а только масса. Поэтому въ послѣдующихъ опытахъ Бенуа при опредѣленіи коэффициента поглощенія принималъ во вниманіе только количество дециграммовъ вещества, приходящееся на каждый кв. см. поверхности. Изъ своихъ опытовъ Бенуа нашелъ слѣдующіе законы. Законъ I. Удѣльная прозрачность (т. е. прозрачность пластинки, въ которой приходится 1 дигр. на 1 кв. см. поверхности) какаго-нибудь вещества, для даннаго вещества  $x$ —лучей и при опредѣленномъ эталонѣ, не зависитъ отъ его физическихъ свойствъ. Коэффициенты прозрачности получаютъ совершенно одинаковыми, будетъ ли испытуемое тѣло находиться въ твердомъ, жидкомъ или газообразномъ кристаллическомъ или аморфномъ состояніи.

II. Удѣльная прозрачность вещества не зависитъ отъ расположенія его молекулъ или атомовъ, т. е. не зависитъ отъ аллотропій для простыхъ тѣлъ и полимерій для сложныхъ.

III. Удѣльная прозрачность не зависитъ отъ того, связаны ли атомы, или свободны: Такимъ образомъ для вычисленія удѣльной прозрачности  $E$  химическаго соединенія, котораго масса  $M$ , и которое состоитъ изъ составныхъ частей съ массами  $m, m', m''$ ... и прозрачностями  $e, e', e''$ ..., можно воспользоваться формулой:

$$\frac{M}{E} = \frac{m}{e} + \frac{m'}{e'} + \frac{m''}{e''} + \dots$$

IV. Удѣльная прозрачность простыхъ тѣлъ, при неизмѣненныхъ условіяхъ, есть опредѣленная функція ихъ атомнаго вѣса. Если нанести на ось абсциссъ атомные вѣса элементовъ, а ординатами представить соответственныя удѣльныя прозрачности, то получится для каждаго рода лучей своя кривая. Изъ изложенныхъ законовъ видно, что удѣльная прозрачность тѣлъ для различныхъ родовъ рентгеновскихъ лучей есть новое аддитивное свойство матеріи, какъ масса, атомный вѣсъ, атомная теплоемкость и т. д. Бенуа даетъ рядъ приложенийъ открытій имъ законовъ, изъ которыхъ мы упомянемъ слѣдующія: 1) Точная классификація  $x$ —лучей, основанная на измѣреніи прозрачности опредѣленныхъ тѣлъ для даннаго рода лучей. Для быстрого опредѣленія рода лучей Бенуа построилъ приборъ, названный имъ радиохромометромъ. 2) Новый методъ опредѣленія и проверки уже извѣстныхъ атомныхъ вѣсовъ элементовъ. Имѣя кривую, подобную упомянутой выше и построенную для опредѣленнаго рода  $x$ —лучей, достаточно измѣрить удѣльную прозрачность элемента, котораго атомный вѣсъ требуется опредѣлить. Нанеся въ масштабѣ чертежа найденную уд. прозрачность на ось  $y$ —овъ и проведя изъ конечной точки полученнаго отрѣзка прямую, параллельную оси  $x$ —овъ, найдемъ точку на кривой, абсцисса которой дастъ величину искомаго атомнаго вѣса. 3) Качественный и количественный анализъ химическихъ соединеній, основанный на законахъ I и III. (Arch. d'électr. méd.).

**Примѣненіе тока въ 220 вольтъ для рентгеновскихъ трубокъ.** Этотъ способъ, примѣненный впервые въ Америкѣ, не является абсолютно новымъ, но представляетъ встакі извѣстный интересъ. Непосредственно къ штепселю лампочки накаливанія, включается конденсаторъ, емкость котораго, при разности потенциаловъ въ 220 вольтъ, достаточна для дѣйствія первичной катушки во время разряда вторичной черезъ круковую трубку. Помощью особаго коммутатора конденсаторъ отдѣляется отъ освѣтительной цѣпи и разряжается черезъ первичную обмотку румкорфовой спирали. Последовательные заряды и разряды конденсатора должны слѣдовать возможно чаще другъ за другомъ, чтобы освѣщеніе флуоресцирующаго экрана было болѣе равномерно. Для этого употребляется коммутаторъ, приводимый въ движеніе электродвигателемъ. Для измѣненія силы индукціонныхъ токовъ, проходящихъ черезъ круковую трубку достаточно измѣнять нѣсколько емкости конденсатора. Выгоды изложеннаго способа слѣдующія: 1) теряется весьма ничтожное количество энергии, такъ какъ въ цѣпи нѣтъ реостата; 2) совершенно устраняется возможность короткихъ замыканій; 3) индукціонные токи въ спирали можно считать имѣющими постоянное направленіе, такъ какъ разрядъ конденсатора происходитъ черезъ цѣпь съ весьма значительной самоиндукціей и поэтому быстро затухаетъ. Вслѣдствіе этого устраняется возможность перемены полюсовъ. Конструкторы этого аппарата, Ричи и С. (Ritchie and Sons), увѣряютъ, что примѣненіе ихъ способа даетъ значительно лучшіе результаты, чѣмъ обычные способы полученія рентгеновскихъ лучей. (Arch. d'électr. méd.).

## ОБЗОРЪ.

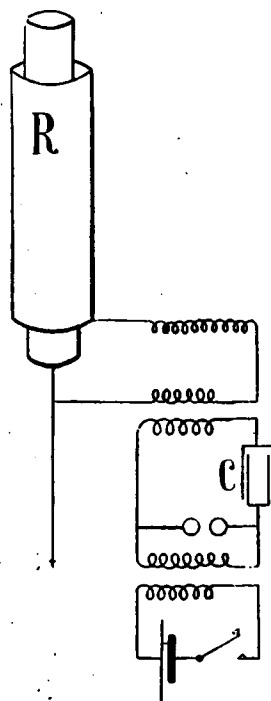
**Новые опыты Маркони.** Въ докладѣ, читанномъ въ одномъ изъ послѣднихъ засѣданій Royal Institution, Маркони познакомилъ слушателей со своими новѣйшими опытами беспроволочнаго телеграфированія на дальнія разстоянія. Его первые опыты телеграфированія черезъ Атлантическій океанъ были, какъ хорошо памятно, встрѣчены съ нѣкоторымъ недоумѣніемъ, такъ какъ, частью вслѣдствіе неблагоприятной погоды, частью благодаря враждебному вмѣшательству имѣющей монополию трансатлантической телеграфной компании, они должны были быть преждевременно прерваны и достигнутый Маркони результатъ—троскратная передача буквъ S—былъ не для всѣхъ достаточно убѣдителенъ. Но когда Маркони повторилъ свои опыты между двумя другими пунктами (Poldhu въ Корнуэльсѣ и Филадельфійей), раздѣленными океаномъ и отстоящими на разстояніи 1551 миль другъ отъ друга, причѣмъ передача сигналовъ была вполне отчетлива, то сомнѣнія должны были исчезнуть. Механизмъ распространенія электрическихъ волнъ на такія огромныя разстоянія, между точками, раздѣленными одна отъ другой сильно выдающейся кривизной земли, дѣлающей невозможною прямолинейную передачу, ждетъ еще полнаго разъясненія. По мнѣнію Поанкаре, мы имѣемъ здѣсь дѣйствіе диффракціи; электрическія волны, подобно свѣтовымъ, встрѣчая препятствія, огибаютъ ихъ; но такъ какъ первыя волны во много разъ длиннѣе вторыхъ, то и размѣры препятствій, которыя онѣ могутъ преодолѣть, несравненно больше. Другая гипотеза объясняетъ способность электрическихъ волнъ огибать кривизну земнаго шара тѣмъ, что, онѣ какъ извѣстно, не могутъ проникать вглубь проводниковъ; морская вода представляетъ собой проводникъ; вѣроятно, и верхніе слои атмосферы проводятъ электричество настолько хорошо, что для волнъ они являются рефлекторами; такимъ образомъ, электрическія волны распространяются въ нижнихъ слояхъ атмосферы

какъ бы между двумя отражающими ихъ обложками. Какъ бы то ни было, послѣ новыхъ опытовъ Маркони нельзя болѣе сомнѣваться въ возможности передачи электрическихъ волнъ на самыя далекія разстоянія.

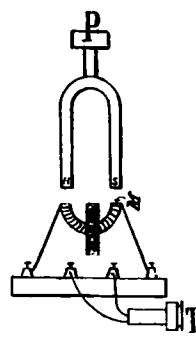
Въ этихъ опытахъ былъ наблюденъ очень интересный фактъ. На разстояніи до 700 миль передаваемые сигналы воспринимались достаточно ясно и днемъ, и ночью. Но на болѣе далекомъ разстояніи передача безпрепятственно и отчетливо совершалась только ночью. Такимъ образомъ, солнечный свѣтъ не остается безъ вліянія на передачу. По мнѣнію Маркони, съ этой помѣхой можно бороться, усиливая энергію посылаемыхъ сигналовъ. Для своихъ дальнѣйшихъ опытовъ между Poldhu и Канадой (для которыхъ, замѣтимъ между прочимъ, канадское правительство выдало субсидію ок. 160 тыс. руб.) Маркони предполагаетъ поэтому пользоваться усиленнымъ передатчикомъ, изображеннымъ на фиг. 17 и представляющимъ собой сочетаніе уже описаннаго въ „Электричествѣ“ двойнаго цилиндрическаго радіатора R съ конденсаторомъ C\*).

Въ этихъ предстоящихъ опытахъ Маркони предполагаетъ также пользоваться, вмѣсто когерера, совершенно новыхъ пріемникомъ („детекторомъ“), который уже далъ превосходные результаты при телеграфированіи на болѣе короткія разстоянія. Новый аппаратъ основанъ на томъ, что если магнитъ, находящійся въ полѣ переменнаго магнитодвижущей силы, подвергается дѣйствію электрическихъ волнъ, то его гистерезисъ ослабѣваетъ, т. е. запаздываніе намагничиванія отъ магнитодвижущей силы уменьшается;

если вокругъ этого магнита намотана катушка, то вызываемое ослабѣваніемъ гистерезиса мгновенное усиленіе магнетизма вызываетъ въ ней токъ, который можетъ быть открытъ, напр., при помощи телефона. Двѣ конструкции новаго детектора изображены схематически на фиг. 18 и 19. На фиг. 18



Фиг. 17.



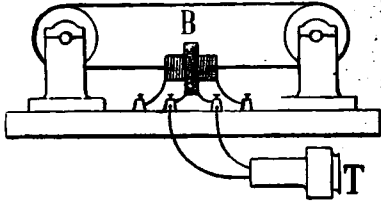
Фиг. 18.

тикально поставленный магнитъ NS медленно вращается, при помощи часоваго механизма, надъ лучкомъ проволоки M, которыя, такимъ образомъ, находятся въ переменномъ магнитномъ полѣ и намагничиваются съ нѣкоторымъ запазданіемъ, обусловливаемымъ ихъ гистерезисомъ. Посреди этого намагничиваемаго пучка на него надѣта тонкая, плоская катушка, соединенная съ телефономъ T; кромѣ того пучекъ обмотанъ спиралью, соединенной съ цѣпью

\* См. Электричество. 1901 г. стр. 244.



приемной мачты. Когда в последней возбуждаются электрические колебания передаваемых и спиралью, то гистерезис проволокаго пучка сильно уменьшается, а в плоской катушке наводится ток, передаваемый телефону. — В приборе, изображенном на фиг. 19 намагничиваемая проволока образует ленту В, передвигаемую двумя роликами и проходя-



Фиг. 19.

щую надь неподвижно расположенным, сильным (на фигуре не изображенным) магнитом. По словам Маркони, новый детектор, благодаря быстроте, с какой гистерезис исчезает и вновь появляется, работает надежный и гораздо быстрее, чем известные когереры; пользуясь телефоном, можно легко передавать 35 слов в минуту; соединя же свой детектор с другим регистрирующим приспособлением, Маркони надеется достигнуть быстроты передачи в несколько сот слов в минуту. (Engin. 1902).

**Беспроволочное телефонирование чрезь землю.** Е. Дюкрэга. Заинтересовавшись опытами, произведенными в 1876 г. Бурбузом, и продолжая свои собственные изслѣдованія надь беспроводной телеграфіей, авторъ задался цѣлью передать рѣчь вь обыкновенномъ телефонѣ, пользуясь вь качестве единственнаго проводника землей\*). Передатчикъ состоитъ изъ батареи нѣсколькихъ элементовъ или аккумуляторовъ, соединенной непосредственно съ микрофономъ и двумя земляными пластинами, погруженными вь почву на глубину 1,5 метра и отстоящими одна отъ другой на разстоянн нѣсколькихъ метровъ. Для приемника авторъ пользовался каменоломной шахтой, 18 метровъ глубины, сообщающейся съ подземными галлереями; отверстие шахты заканчивается на поверхности земли чугунной трубой, 9 сантиметр. вь поперечникѣ и 4 метр. длины. Вь эту вертикальную шахту опущенъ изолированный проводникъ, къ нижнему концу котораго укрѣпленъ металлическій шаръ 8 стм. вь поперечникѣ; шаръ находится вь прикосновенн съ дномъ шахты. При выходѣ на поверхность земли проводникъ укрѣпленъ къ одному изъ зажимовъ обыкновеннаго телефона, другой зажимъ соединенъ съ чугунной трубой, у поверхности почвы.

Оба земляные отвода, находящіеся такимъ образомъ на глубинѣ почвы, отдѣлены другъ отъ друга фундаментомъ здания, съ толстыми стѣнами и погребами, такъ что слой земли, находящійся между передатчикомъ и приемникомъ, нельзя считать очень малымъ. Описанныя условия установки могутъ мѣняться вь зависимости отъ характера почвы, служащей для беспроводнаго телефонирования, а также отъ разстоянн обнхъ станцій другъ отъ друга. Указанная значительная глубина шахты не необходима для получения успѣшныхъ результатовъ; но она по мнѣнію автора имѣетъ то значеніе, что геологическіе слои не мѣшаютъ, какъ вь опытахъ Бурбуза, своими теллурическими токами, отклоняющими иглу чувствительнаго гальванометра.

\*) Подобнаго рода опыты были производимы и раньше см. Электричество, 1900 г. стр. 288, 1901 г. стр. 4.

Когда говорятъ предь пластинкой микрофона, то всѣ вызываемыя голосомъ колебанія, даже самыя слабыя, вызываютъ усиленія или ослабленія давленія микрофонныхъ контактовъ и, слѣдовательно, подобныя же колебанія вь силѣ тока, циркулирующаго вь цѣпи микрофона и телефона, вь цѣпи, которая замкнута только землей, безъ всякаго металлическаго проводника. Несмотря на все огромное разнообразіе колебаній, вызываемыхъ человѣческимъ голосомъ вь микрофонной перепонкѣ и несмотря на то, что обѣ станціи отдѣлены другъ отъ друга землей, рѣчь передается вь телефонѣ съ поразительной отчетливостію, безъ какого либо побочнаго шума, такъ мѣшающаго при телефонированн чрезь металлическіе провода.

Сосѣдство постоянныхъ или переменныхъ токовъ отъ динамо, находящихся вь мастерской не мѣшаетъ земной передатчѣ. Объяснить это трудно; но несомнѣнно, что земля, вь описанномъ опытѣ, т. е. сказ. фильтруетъ требуемый для приборовъ токъ на его пути туда и обратно: этотъ токъ разсѣивается вь видѣ развѣтвленій, которыми можно приводить вь дѣйствіе нѣкоторое число телефоновъ, расположенныхъ на различныхъ разстояннхъ отъ передатчика. На станціи улицы Claude-Bernard эти токи могли приводить вь дѣйствіе релѣ съ сигнальнымъ звонкомъ. Если приподнять металлическій шаръ, который просто лежитъ на днѣ шахты, то передача совершенно прекращается; она возобновляется, какъ только контактъ шара съ почвой опять установленъ. Почва суха.

Опыты продолжаютъ на бѣльшія разстоянн и мѣняя условия установки земляныхъ отводовъ.

**Ртутная лампа Юитта (P. C. Hewitt).** Вь „Электричестн“ уже сообщалось о новой ртутной лампѣ Купера Юитта, демонстрированной имъ на прошлогоднемъ съѣздѣ американскаго электротехническаго института\*). Вь одномъ изъ послѣднихъ номеровъ *Electrotechnische Zeitschrift* появилась статья М. Реклингаузена, много работавшаго надь технической разработкой конструкции этой лампы и сообщающаго о ней нѣкоторыя новыя интересныя данныя.

Плея употреблять пары ртути вь качестве свѣтящаго подь дѣйствіемъ тока тѣла не нова. Еще вь 1860 г. Вей (Way) построилъ лампу, состоящую изъ двухъ, расположенныхъ одинъ выше другаго, сосудовъ съ ртутью; изъ верхняго ртути вытекала чрезь небольшое отверстие вь нижній; такъ какъ струя эта была очень тонка и представляла большое сопротивленіе то вь ней развивалось токомъ достаточно тепла для испаренія ртути; вслѣдствіе происходившаго разрыва струи появлялась дуга, проходившая такимъ образомъ чрезь ртутные пары. Лампа Вей (работавшая подь атмосфернымъ давленіемъ) давала очень сильный свѣтъ и привлекла къ себѣ живое вниманіе.

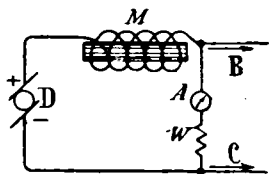
Послѣ Вей рядъ другихъ изобрѣтателей (Rapieff, Riset и др.) занимались конструкціей ртутной электрической лампы; всѣ они употребляли опрокинутую V-образную стеклянную трубку, вь концы которой была налита ртуть, для начала свѣченія трубка встряхивалась или нагибалась, такъ чтобы внутри ея получался металлическій контактъ. Вь 1892 г. ртутная лампа была подробно и научно изслѣдована Арносомъ, который выяснилъ, что заключающаая ртуть трубка должна быть непремѣнно эвакуирована; кромѣ того, онъ опредѣлилъ нѣкоторыя другіе факторы, влияющіе на сопротивленіе ртутной лампы. Однако, и построенная имъ лампа была технически непригодна; для устраненія слишкомъ сильнаго нагрѣванія, се приходилось помѣщать вь воду, а для равнобѣрнаго свѣченія нужно употреблять высокое добавочное сопротивленіе.

\*) См. Электричество, 1901 г., стр. 222.

Такимъ образомъ, лампа Юитта, хотя и не новая по своей идеѣ, является первой технически примѣнимою ртутной лампой. Существеннымъ отличіемъ ея служить то, что давленіе паровъ ртути въ свѣтящей трубкѣ имѣетъ вполне опредѣленную величину, соразмѣрною съ длиной и калибромъ трубки и остающимся постоянной во все время свѣченія. Это достигается, помощью вздутій, лежащихъ внѣ пути тока и играющихъ роль холодильниковъ; благодаря имъ, охлажденіе водой, какъ въ лампѣ Аронса, становится излишнимъ; опредѣляя же емкость вздутій въ связи съ размѣрами трубки, можно напередъ установить электрическую характеристику каждой лампы съ гораздо большей точностью, чѣмъ для лампочекъ накаливаанія. Другое чрезвычайно важное усовершенствованіе, внесенное Юиттомъ, состоитъ въ упрощенной конструкціи для „зажиганія“ лампы.

Лампы Юитта имѣютъ большей частью видъ прямыхъ трубокъ, поставленныхъ вертикально; нижній конецъ трубки заключаетъ въ себѣ немного ртути, служащей катодомъ; верхній выдутъ въ расширеніе и несетъ желѣзный анодъ, въ видѣ опрокинутаго тонкостѣннаго тигелька или извитой въ форму тигелька спирали; токъ къ электродамъ приводится впаянными платиновыми проволоками. Длина и поперечникъ стеклянной трубки опредѣляются имѣющимися въ виду электрическими постоянными и силой свѣта. Самыя длинныя изготовленныя до сихъ поръ лампы имѣютъ ок. 3 метровъ длины и 5 см. въ поперечникъ, самыя короткія (100—вольтовые)—20 см. длины и 2,5 мм. въ поперечникъ. Для специальныхъ цѣлей готовятся также лампы въ видѣ спирали или въ видѣ буквъ N, W, H или X; въ послѣднихъ двухъ случаяхъ имѣются двѣ пары электродовъ. Лампа, конечно, эвакуируется и заключаетъ въ себѣ только ртутные пары, давленіе которыхъ во время свѣченія составляетъ при нормальныхъ условіяхъ ок. 2 мм. Во время свѣченія трубка нагревается настолько, что до нея еще можно дотрагиваться рукой.

Для „зажиганія“ ртутной лампы недостаточно привести къ ея полюсамъ ту разность потенциаловъ, которая поддерживаетъ ея свѣченіе, разъ послѣднее уже началось; необходимо сообщить ей сильный электрическій „толчокъ“, который разрушилъ бы начальное сопротивление, сосредоточенное, по всей видимости, у катода. Юиттъ достигаетъ этого, включая въ цѣпь лампы и динамо (постояннаго тока) намагничивающую спираль M (фиг. 20); спираль

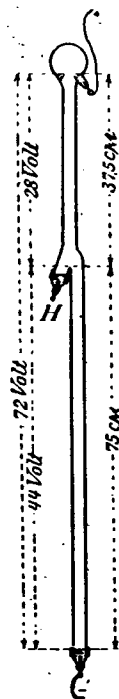


Фиг. 20.

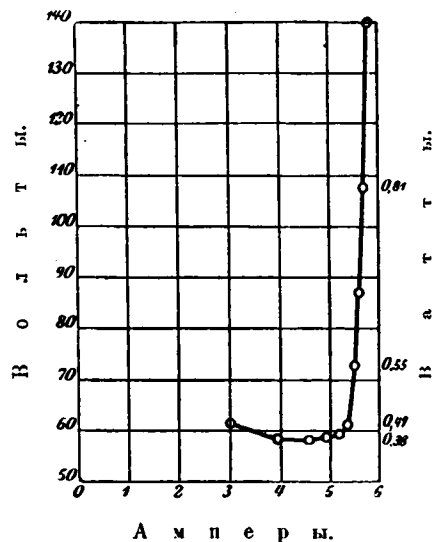
соединяется на мгновеніе, помощью ключа A и чрезъ небольшое сопротивление W, со вторымъ полюсомъ динамо; когда это соединеніе опять размыкается, накопленная въ катушкѣ энергія вызываетъ очень высокій потенциалъ, направляющийся къ электродамъ и дающей требуемый толчокъ. Дѣйствіе этого толчка состоитъ, повидимому, въ томъ, что онъ вызываетъ раскалиніе или испареніе на поверхности катода и тѣмъ самымъ уничтожаетъ переходное сопротивление послѣдняго; на то что сопротивление это сосредоточено именно у катода, показываетъ слѣдующій опытъ. Въ трубкѣ изображенной на фиг. 21, имѣлся кромѣ двухъ главныхъ электродовъ на ея концахъ, одинъ промежуточный (также ртутный) H. Разность потенциаловъ между нижнимъ электродомъ (катодомъ) и H со-

ставляла 44 вольта, между H и верхнимъ электродомъ, анодомъ,—28 вольтъ. Однако при соединеніи H проволокой съ катодомъ между ними не произошло короткаго замыканія и токъ проходилъ по своему первоначальному пути между обоими главными электродами; по когда вспомогательному электроду H сообщался, помощью вышеописаннаго приспособленія, толчокъ высокаго потенциала, то онъ возбуждался и токъ мѣнялъ свой путь, проходя только отъ H къ аноду. Зажиганіе лампы чрезвычайно облегчается, если трубка снабжена у катоднаго конца наружной металлической обложкой, соединяющейся металлически съ анодомъ. Начальное сопротивление лампы тѣмъ значителнѣй, чѣмъ ниже температура; страннымъ образомъ, оно оказывается очень высокимъ въ томъ случаѣ, когда лампа, посвѣтивъ нѣкоторое время, потушена и успѣла вновь охладиться до комнатной температуры; послѣ-же продолжительнаго отдыха сопротивление лампы опять сильно уменьшается.

Что касается электрической характеристики работы лампы Юитта, то напряженіе тока пропорціонально длинѣ и обратно пропорціонально диаметру (не свѣченію) газовой трубки. Далѣе, въ извѣстныхъ предѣлахъ напряженіе почти не мѣняется съ силой тока; такъ напр., въ одномъ случаѣ напряженіе лампы было 64 вольта при 2 амперахъ, и 62 в. при 4 амперахъ. Такимъ образомъ, зависимость между напряженіемъ и силой тока, (а



Фиг. 21.



Фиг. 22.

также полезнымъ дѣйствіемъ) выражается, напр., кривой, изображенной на фиг. 22. Горизонтальный участокъ кривой даетъ тѣ вольты и амперы, при которыхъ получается наибольшее полезное дѣйствіе. Послѣднее, какъ видно изъ этой кривой, доходитъ до 0,38 ватта на 1 норм. свѣчу, т. е. значительно лучше, чѣмъ при другихъ извѣстныхъ способахъ освѣщенія.

Свѣтъ лампы Юитта очень силенъ, спокоенъ и на видѣ бѣлъ, но въ дѣйствительности (по крайней мѣрѣ при употребленіи чистой ртути) обладаетъ блѣднымъ голубовато-зеленымъ цвѣтомъ и почти совсѣмъ лишенъ въ своемъ спектрѣ красныхъ лучей, благодаря чему сообщаетъ лицамъ мертвенный оттѣнокъ. Этотъ недостатокъ устраняется, снабжая лампу тканью (напр. шелкомъ) выкрашенной какимъ-нибудь пигментомъ, обладающимъ способностью флуоресциро-

вать краснымъ свѣтомъ. Съ другой стороны, свѣтъ ртутной лампы, именно благодаря особенностямъ спектра, оказываетъ чрезвычайно сильное фотографическое дѣйствіе. Наконецъ, онъ утомляетъ глаза гораздо меньше, чѣмъ другіе источники искусственнаго освѣщенія. (Е. Т. Z. 1902).

**Центральная станція электрической желѣзной дороги отъ Fayet до Chamonix.** Новая линия изъ Fayet-Saint-Gervais въ Chamonix, недавно открытая Обществомъ желѣзныхъ дорогъ Парижъ—Лионъ—Средиземное море,—одна изъ наиболее интересныхъ электрическихъ дорогъ въ Европѣ.

Подъемы на пути попадаютъ чрезвычайно, говоря относительно, крутые; такъ, одинъ въ 90 мм. на метръ, на протяженіи 2144 м. и другой—на протяженіи 1386 м. въ 80 мм. на метръ. Поезда состоятъ изъ прицепныхъ вагоновъ и вагоновъ-двигателей, но всѣ прицепные вагоны самодвижущіеся и могутъ въ случаѣ нужды двигаться самостоятельно.

Путь на всемъ протяжении—трехрельсный: одинъ рельсъ — рабочей, т. е. подающей токъ; кромѣ того, на большихъ спускахъ есть еще четвертый рельсъ для тормазса съ клещами.

Пассажирскіе вагоны 32-хъ и 36-ти мѣстныхъ, смотря по классамъ; каждый поездъ состоитъ изъ 4 пассажирскихъ вагоновъ и одного багажнаго съ отдѣленіемъ для механика. Какъ мы сказали выше, всѣ вагоны самодвижущіеся; каждый изъ нихъ снабженъ двумя двигателями, передающими движение осямъ при посредствѣ коническихъ колесъ. Въ каждомъ вагонѣ есть приборъ для пуска въ ходъ, посредствомъ котораго можно вагонъ отдѣльно пустить въ ходъ, но нормально всѣ эти приборы управляются изъ отдѣленія механика въ багажномъ вагонѣ и приводятся въ дѣйствіе двигателемъ Овера\*), работающимъ сжатымъ воздухомъ.

Каждый вагонъ имѣетъ два тормазса: обыкновенный и зацепляющійся за 4-ый рельсъ тормазса съ клещами; оба могутъ дѣйствовать или отъ руки въ отдѣльности на каждомъ вагонѣ, или всѣ одновременно сжатымъ воздухомъ изъ отдѣленія механика. Обыкновенный тормазсъ дѣйствуетъ посредствомъ сжатого воздуха и автоматически и не автоматически, зацепной-же только автоматически; кромѣ того, и тотъ и другой могутъ быть еще приведены въ дѣйствіе аппаратами Вестингауза.

Сжатый воздухъ для вышеупомянутаго двигателя доставляетъ компрессоръ, помѣщенный въ багажномъ вагонѣ и приводимый въ движеніе электродвигателемъ въ 8—10 силъ. Давленіе въ резервуарахъ автоматически удерживается постояннымъ при помощи приспособленія для пуска въ ходъ и остановки этого компрессора.

На подъемѣ въ 90 мм. поездъ изъ 5 вагоновъ (считая и багажный), т. е. слѣдовательно при дѣйствіи 10 двигателей, двигаясь со скоростью 12 км. въ часъ, поглощаетъ 800 амперъ при 550 вольтахъ; пускъ въ ходъ на такомъ-же подъемѣ требуетъ около 1100 амперъ.

Длина всего пути 19 км.; переѣздъ, считая и остановки, продолжается около часа. При спускахъ въ 80 и 90 мм. скорость не допускается больше 10 км.

Токъ доставляется двумя центральными станціями: одна, вблизи пути, недалеко отъ поселка Chatelard; другая въ Chavants.

Обѣ станціи гидравлическія; движущая сила доставляется двумя вѣтвями рѣки l'Arve.

Въ каждой станціи установлено по 4 динамо въ 325 л. с. и по 2 маленькія динамо въ 40 киловаттъ, предназначенныхъ для возбужденія большихъ и для освѣщенія станцій. Всѣ электрическія машины доставлены Обществомъ Граммъ.

\*) Описание этого двигателя можно найти въ апрѣльскомъ номерѣ Bulletin de la Société des ingénieurs civils de France за 1900 г.

Четыре динамомашинны, стоящія въ Chatelard постоянно даютъ 370 амперъ при 550 вольтахъ, но могутъ выдерживать въ продолженіи часа перегрузку до 450 амперъ, при чемъ температура обмотокъ повышается надъ окружающей не болѣе, чѣмъ на 35°.

Динамо шестиполусныя, съ барабанными арматурами; на индукторахъ ихъ двѣ обмотки: одна — съ независимымъ возбужденіемъ, питается токомъ, въ 110 вольтъ, другая-же — питается главнымъ токомъ; первая даетъ у зажимовъ машины напряженіе въ 550 вольтъ при холостомъ ходѣ (при 615 оборотахъ въ минуту), вторая-же удерживаетъ это напряженіе постояннымъ, все время, работаетъ-ли машина въ холостую или на полную нагрузку (при полной нагрузкѣ число оборотовъ машины уже около 470); итакъ, какъ видимъ, динамомашинны — типа гиперкомпаундъ. Соединены онѣ посредствомъ эластичныхъ муфтъ съ горизонтальными турбинами безъ регуляторовъ; высота паденія воды около 38 м.

Барабанная обмотка арматуръ состоитъ изъ 224 пластинъ, уложенныхъ во столько-же шелей въ сердечникѣ арматуры.

Приводимъ нѣкоторыя данныя, характеризующія эти машинны:

Внѣшній диаметръ арматуры . . . . .	851 мм.
Число пластинъ на коллекторѣ . . . . .	336 »
Индукція въ сердечникѣ арматуры:	
при холостомъ ходѣ . . . . .	10800 гаусс.
при полной нагрузкѣ . . . . .	14000 »
Индукція въ желѣзномъ пространствѣ:	
при холостомъ ходѣ . . . . .	6950 »
при полной нагрузкѣ . . . . .	9100 »
Индукція въ зубцахъ:	
при холостомъ ходѣ . . . . .	14900 »
при полной нагрузкѣ . . . . .	19400 »
При опредѣленіи полезнаго дѣйствія получены слѣдующія данныя послѣ шестичасовой работы при полной нагрузкѣ:	
Потеря на нагреваніе въ арматурѣ и въ коллекторѣ . . . . .	3559 ваттъ.
Потеря на нагреваніе въ послѣдовательной обмоткѣ индуктора . . . . .	985 »
Потеря на нагреваніе въ независимой обмоткѣ индуктора . . . . .	1028 »
Потеря на гистерезисъ, токи Фуко и на треніе . . . . .	9554 »
<hr/>	
Общая потеря 15146 »	

Промышленный коэф. пол. дѣйств.

$$\frac{370 \times 550}{370 \times 550 + 15146} = 93\%$$

Четыре генератора станціи въ Chavants совершенно подобны приведеннымъ и отличаются только электрическими данными, которые мы приводимъ:

Амперы	Вольты	Число оборотовъ при нормальномъ режимѣ.
290	700	460
0	550	550
350	700	—

350 амперъ динамомашинны выдерживаютъ опять таки въ продолженіе часа безъ особенно сильнаго нагреванія обмотокъ (температура обмотокъ не подымается болѣе чѣмъ на 35° надъ температурой окружающаго воздуха). Напряженіе тока здѣсь 700 вольтъ потому, что паденіе напряженія въ проводахъ очень большое, такъ какъ станція довольно далека отъ пути.

Турбины на этой станціи — центробѣжныя, безъ регуляторовъ, высота паденія воды 94 м.

Такъ какъ вообще и вслѣдствіе остановокъ и пуска въ ходъ поездовъ, токъ сильно колеблется, то при конструированіи генераторовъ обращено особенное

внимание на то, чтобы не было искры при переходе машины с холостого хода на полную нагрузку и даже в случаях, когда несколько поѣздов, движущихся с мѣста одновременно, вызовут чрезмѣрное увеличение тока, или, когда вследствие короткаго замыканія на линіи, выключатели на станціи сразу разомкнутся.

Для этого, конечно, необходимо, чтобы на коллекторѣ было какъ можно больше пластинъ. Съ этой цѣлью Общество Граммъ употребило послѣдовательную волнообразную обмотку съ особымъ соединеніемъ, позволяющимъ увеличить въ 3 раза число пластинъ на коллекторѣ. Понятно, что разность потенциаловъ между двумя соседними пластинами уменьшается въ три раза, во столько-же разъ уменьшается и самоиндукція части обмотки, которая можетъ быть замкнута сама на себя черезъ щетку, что гарантируетъ отсутствіе искры при неподвижности щетокъ и при какой угодно нагрузкѣ.

Арматуры составлены изъ листовъ желѣза, изолированныхъ бумагой, при чемъ въ каждой катушкѣ оставлено по 3 отверстия для вентиляции; проводники уложены въ желобки и въ отдѣльности изолированы миканитовыми трубками, хорошо выдерживающими очень высокія напряжения; чтобы проводники не могли выйти изъ щелей, катушку по краямъ обхватываютъ крѣпкія обоймы.

Вѣ эти предосторожности дѣлаютъ катушку особенно прочной, что необходимо для сопротивленія внезапнымъ и быстрымъ измѣненіямъ нагрузки.

Индуктора выкованы изъ стали; сердечники ихъ не имѣютъ полюсныхъ наконечниковъ, но между желѣзное пространство къ краямъ нѣсколько увеличено, чтобы сдѣлать болѣе плавнымъ измѣненіе магнитнаго поля. Затѣмъ, для того, чтобы увеличить магнитное сопротивленіе поперечному потоку въ индукторахъ, что требуется для неподвижности щетокъ, сердечники индукторовъ почти цѣликомъ разрезаны по продольному направленію.

Такъ какъ машинныя помѣщенія довольно сырыя, то для изолированія машинъ пришлось принять всѣвозможныя предосторожности; плиты, между прочимъ, укрѣплены на фарфоровыхъ изоляторахъ, опрокинутыхъ и вмазанныхъ въ основаніе. Для безопасности-же взято не шунтовое возбужденіе, а независимое при напряженіи въ 110 вольтъ.

Возбудители Общества Граммъ, по два на каждой станціи, мощностью въ 40 кв. при 520 оборотахъ въ минуту, такъ-же соединены эластичными муфтами со специальными турбинами. Они могутъ развивать постоянно токъ въ 330 амперъ при 120 вольтахъ; возбужденіе шунтовое; катушка — барабанная. Работаютъ они при всякихъ нагрузкахъ безъ искры, такъ что щетки двигать не приходится.

Диаметръ катушки — 546 м.

Индукція въ различныхъ частяхъ магнитной цѣпи:	
„ катушки . . . . .	14000 гауссъ.
„ зубцахъ . . . . .	18100 „
„ между желѣзномъ пространствѣмъ . . . . .	10900 „
„ индукторахъ . . . . .	139000 „

Определеніе пол. д. дало слѣдующіе результаты:	
Потеря на нагреваніе въ катушкѣ, въ коллекторѣ . . . . .	918 ваттъ.
„ „ нагреваніе въ катушкѣ . . . . .	626 „
„ „ гистерезисъ, токи Фуко, треніе. 3056 „	

Общая потеря . . . . . 4600 ваттъ.

Промышленный коеф. пол. дѣйств.

$$\frac{39600}{39600 + 4600} = 89,5\%$$

Машины — четырехполюсныя; станнина укрѣплена на чугунной подставкѣ, въ свою очередь укрѣпленной на фарфоровыхъ изоляторахъ.

Въ обыкновенное время на станціяхъ работаютъ

3 машины въ 335 л. с. и 1 возбудитель, четвертая же машина и второй возбудитель — запасныя.

Обѣ станціи присоединены къ пути параллельно, что, не смотря на компаундныя обмотки и на сильныя измѣненія нагрузки, не представляетъ никакихъ неудобствъ.

Распределительныя доски на каждой станціи состоятъ изъ 7 мраморныхъ досокъ, по одной для каждой динамо и одной для выхода фидеровъ; на каждой изъ досокъ для динамомашинъ въ 325 л. с. установлено: одинъ амперметръ, одинъ вольтметръ, автоматическій максимальный выключатель, ручные выключатели и реостатъ для возбужденія.

На одномъ концѣ доски укрѣпленъ на шарнирѣ вольтметръ, показывающій напряженіе у мѣста соединенія фидеровъ съ питательными проводами. (L'Electricien).

**Масляные автоматическіе выключатели фирмы Метрополитэнъ К<sup>о</sup>. (Нью-Йоркъ).** Фирма Метрополитэнъ К<sup>о</sup>. совмѣстнѣ употребляетъ обыкновенныхъ выключателей для высокихъ напряженій, прикрѣпляемыхъ сзади къ распределительной доскѣ и управляемыхъ ручкой спереди доски; выключатели новой модели совершенно самостоятельны, каждый имѣетъ свое основаніе, причемъ 3 фазы выключателя (для 3-фазнаго тока) помѣщены въ 3 камерахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга кирпичными перегородками; дѣйствуютъ они сжатымъ воздухомъ.

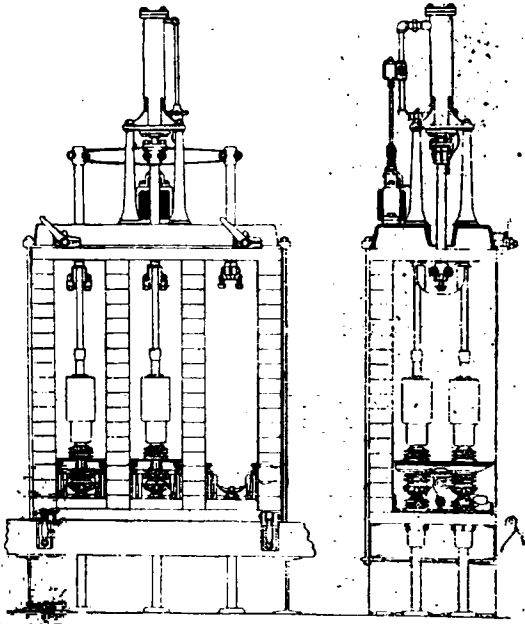
Воздухъ давитъ на поршень, движущійся въ установленномъ надъ кирпичными перегородками вертикальномъ цилиндрѣ. Заслонка, распределяющая воздухъ въ цилиндрѣ, приводится въ движеніе электромагнитомъ, прикрѣпленнымъ къ прибору; цѣль этого электромагнита идетъ къ распределительной доскѣ. Когда электромагнитъ возбужденъ, онъ притягиваетъ якорь, что вызываетъ движеніе заслонки (заслонка эта, не уравновѣшенная, по формѣ очень проста и похожа на золотникъ простой паровой машины). При томъ положеніи, въ какомъ заслонка подъ дѣйствіемъ электромагнита останавливается, воздухъ входитъ въ пространство надъ поршнемъ, подъ поршнемъ-же въ это время — пустота, вследствие чего поршень опускается и соединяетъ главные контакты. Если прекратить токъ въ обмоткѣ электромагнита, заслонка, подъ дѣйствіемъ пружины, вернется въ положеніе, при которомъ воздухъ войдетъ въ пространство подъ поршнемъ, вследствие чего контакты разомкнутся. На электромагнитѣ двѣ обмотки, послѣдовательно соединенныя: тонкая и толстая. Движеніе якоря электромагнита передается автоматическому прерывателю, замыкающему на короткую обмотку, когда якорь не притянутъ, вследствие чего въ обмотку электромагнита проходитъ отъ источника съ постояннымъ потенциаломъ токъ значительной силы и якорь притягивается. Тогда автоматическій прерыватель вводитъ тонкую обмотку, токъ въ обмоткахъ электромагнита уменьшается до нѣкоторой величины, достаточной для удерживанія якоря притянутымъ. Такимъ образомъ получается экономія въ токѣ, который долженъ питать обмотки все время, пока замкнутъ прерыватель.

Токъ для питания электромагнитовъ, напряженіемъ въ 110 вольтъ, берутъ на генераторной станціи отъ возбудителей, а на подстанціи отъ вращающихся трансформаторовъ, трансформирующихъ 550 вольтъ въ 110. Сжатый воздухъ для выключателей подаютъ автоматическіе электрические воздушные насосы.

Какъ показано на фиг. 23 и 24, главный поршень маслянаго выключателя поднимаетъ или опускаетъ металлическій брусокъ съ тремя деревянными стержнями. Эти три стержня проходятъ внизъ въ три камеры; въ каждой камерѣ находятся приборы, служащіе для перерыва одной фазы. Камеры отдѣлены другъ отъ друга, для предотвращенія короткаго замыканія между фазами, перегородками изъ десяти-

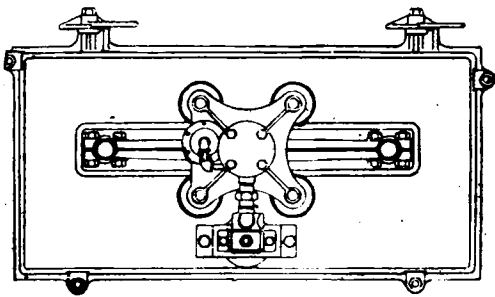
сантиметровых кирпичей; дуга в этом случае может образоваться в одной ветви, но очевидно, что так как для того, чтобы совершенно прервать цепь для трехфазного тока, нужно выключить два проводника, то дуга, образовавшаяся в одной ветви, не повлияет на действие прибора.

В каждой камере выключателя помещены по два латунных цилиндра, через крышки которых проходят медные стержни, прикрепленные к



Фиг. 23.

деревянному стержню, идущему от бруска, так что вместе с бруском они движутся снизу вверх и обратно; в своем нижнем положении они соединяют два цилиндра одной ветви; эти цилиндры стоят на двух медных дощечках, к одной из



Фиг. 24.

них присоединить провод подводящий ток, к другой—отводящий. Каждый цилиндр почти доверху наполнен маслом „Transil“ и покрыт металлической крышкой с длинной изолированной трубкой. При движении горизонтального бруска вниз, медные стержни опускаются и, входя концами своими в соприкосновение в масле с медными дощечками, замыкают цепь. Когда стержни поднимаются, каждая фаза будет прервана в двух точках. Ход горизонтального бруска—около 30 сантиметров, следовательно величина перерыва в каждой ветви около 60 см. Вследствие того, что цилиндры с маслом покрыты крышками, в них устанавливается известное давление, уничтожающее дугу, если

она, не смотря на масло, образуется. Хотя трубка, внутри которой стержень движется в цилиндр, и представляет некоторый проход для воздуха, но с образованием дуги масло настолько расширяется, что воздух не может уйти в верхнюю часть и дуга уничтожается. Чтобы дуга не могла образоваться между стержнем и цилиндром, последний окутывают изолирующей фиброй.

Ток в каждой фазе—в 300 ампер; эти 300 ампер должны пройти через поверхность стержня в  $\frac{3}{4}$  дм. (75 мм.). В каждый медный стержень внизу ввинчен штифтик. Стержень, когда он опущен, проходит через две трубки, раздельные каждая на 4 сегмента, сдвигаемые с задней стороны пружинами (все это устройство напоминает металлическую гарнитуру поршневого штока). Нижняя трубка—медная, верхняя латунная. Когда стержень движется снизу вверх, он прерывает цепь, при чем окончательный перерыв совершается, когда он покидает латунный цилиндр; поэтому, с целью воспользоваться принципом „металла без дуги“ (metal anti-arc), к концу стержня прикрепляют латунную часть.

Без действия воздуха поршень и горизонтальный брусок не могут опуститься, потому что, как только брусок достигает верхнего своего положения, его сейчас же подхватывает некоторое приспособление (крюк или задвижка), которое и удерживает его здесь. Воздух же, входя в пространство над поршнем, действует предварительно на вспомогательный цилиндр, который освобождает брусок. Тогда под давлением воздуха поршень и брусок опускаются и замыкают цепь.

Все проводники присоединяются к слоистым контактам; на каждом контакте лежит диск, прикрепленный к медной дощечке, служащей основанием для цилиндра с маслом. К этой же медной дощечке снизу прикреплен фарфоровый волнистый изолятор, укрепленный на маленькой плитке; посредством подъемного приспособления из пальца и рычага, можно эту плитку поднять или опустить. Если поднять плитку, то диск отделиться от контакта, вследствие чего цепь фазы будет прервана. Это устройство позволяет прерывать или соединять части цепи, находящейся под нагрузкой, без влияния на работу остальных частей.

Существуют две модели выключателей: одна—для 800 ампер (для генераторов и групп фидеров), другая—для 300 ампер (для фидеров и вообще для цепи высокого напряжения на подстанциях). По размерам обе модели совершенно одинаковы; единственная разница в том, что в первой модели в каждой фазе есть вспомогательная медная палочка со щеточками, образующая мост между вершинами двух цилиндров, и, таким образом, представляющая как бы вторую ветвь контактами в масле. Когда цепь замкнута, наибольшая часть тока проходит по этой щеточке (находящейся на воздухе); если же цепь разомкнута, то перерыв образуется сначала между щеточкой и контактами и ток целиком перейдет на стержень и на трубки, окружающие стержень в масле.

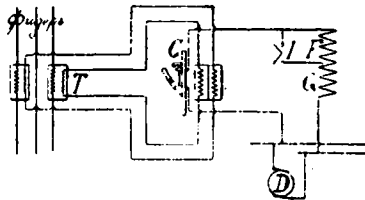
Эти масляные выключатели прерывали нагруженную сеть при всяких условиях, и особенно в случаях короткого замыкания в цепи генераторов, когда сила тока доходила до 800 ампер, а напряжение, сначала незначительное, после прерыва поднималось до 6600 вольт; они давали также прекрасные результаты при нагрузках с сильной индукцией, больше 600 ампер при полном напряжении.

Местные цепи электромагнитов этих масляных выключателей (цепи постоянного тока в 125 вольт напряжением), замыкаются и размыкаются обыкновенными ручными прерывателями. Но во многих случаях к последним приделывают магнитные приборы, действующие автоматически. Эти приборы размыкают прерыватель, когда их электромагниты

ты теряют возбуждение; собственно, это настоящие автоматические прерыватели, действующие как реле для передачи действия их электромагнитов электромагнитам поршня масляного выключателя.

Такие прерыватели бывают двух родов: одни, действующие на масляный выключатель в случаях перегрузки сѣти—максимальные, другие—в случаях перемены направления—минимальные.

Въ первыхъ (схема соединения представлена на фиг. 25) катушки автоматического прерывателя при-

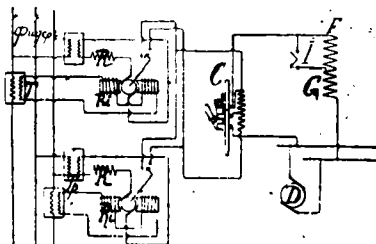


- T—трансформаторъ.
- C—автоматическ. коммутаторъ.
- J—автомат. прерыватель.
- F—тонкая обмотка.
- G—толстая
- D—динамомашина 125 в.

Фиг. 25.

соединены къ вторичной обмоткѣ 2 трансформаторовъ, первичныя обмотки которыхъ включены въ 2 фидера; въ случаѣ перегрузки сѣти, электромагниты прерывателя возбуждаются, притягиваютъ якоря, вследствие чего происходитъ ударъ молоточка по нѣкоторой части, размыкающей питательную цѣпь маслянаго прерывателя.

Во второмъ типѣ (схема соединения фиг. 26) элек-



- T—трансформаторъ.
- R, R—сопротивленіи.
- C—автоматическ. коммутаторъ.
- I—прерыватель.
- F—тонкая обмотка.
- G—толстая
- Tr—трансформаторъ напряженія.
- Ri—реле для перемены направленія тока.
- D—динамо, 125 в.

Фиг. 26.

тромагнитъ прерывателя питается постояннымъ токомъ, который замыкаютъ реле, питаемые переменнымъ токомъ. Размыканіе прерывателя происходитъ, когда электромагнитъ теряетъ возбужденіе. Контакты его очень не прочны и потому, во избѣжаніе ихъ порчи отъ образования дуги, электромагнитъ снабжаютъ двумя обмотками: одна, обмотанная въ одномъ направленіи, притягиваетъ якорь и удерживаетъ его другая-же, параллельная первой, обмотанная въ обратномъ направленіи, размагничиваетъ электромагнитъ и освобождаетъ якорь. На фиг. 26 видно, что дифференціальная катушка прерывателя соединена послѣдовательно съ цѣпью отъ прерывателя до маслянаго выключателя. Когда прерыватель замыкаетъ

ся, то онъ, при помощи контакта, коротко замыкаетъ цѣпь дифференціального электромагнита черезъ пластину автоматическаго прерывателя, при чемъ такимъ образомъ, что весь токъ пойдетъ по толстой обмоткѣ, что вызоветъ внезапное движеніе распределительной заслонки. Затѣмъ точно-же, какъ контрольный прерыватель будетъ замкнутъ, прервется короткое замыканіе дифференціальной катушки, а послѣ того, какъ заслонка пришла въ движеніе, обмотки электромагнита, толстая и тонкая, окажутся въ послѣдовательномъ соединеніи.

Реле для случая перегрузки имѣетъ два соленоида переменногo тока, соединенные, какъ мы сказали, со вторичными обмотками двухъ трансформаторовъ, первичныя обмотки которыхъ включены въ 2 фидера трехфазной сѣти. Если произойдетъ перегрузка въ одной изъ этихъ цѣпей, то соответственный соленоидъ притянетъ якорь, чѣмъ и замкнетъ контактъ, вводящій въ цѣпь тока дифференціальную обмотку электромагнита; послѣдній разомкнетъ контрольный прерыватель, замыкающій и размыкающій цѣпь обмотки электромагнита, действующаго на поршень маслянаго выключателя. Поршень дѣйствіемъ сжатого воздуха поднимется и напряжение въ цѣпи понизится до 600 вольтъ.

Реле для обращенія тока требуетъ специальныхъ приборовъ и приспособленій для переменнаго тока. Въ этомъ случаѣ единственно, чѣмъ можно определить, въ какомъ направленіи происходитъ передача энергіи, это—реакціей между силою тока и электродвижущей силой. Для того, чтобы получить такую реакцію, употребляютъ маленькіе двигатели съ реле, подобные двигателямъ съ плоскими индукторами обыкновенныхъ вентиляторовъ. Токъ въ каждомъ подаютъ два трансформатора: первичная обмотка перваго (Transformateur série) включена въ одинъ изъ фидеровъ, а вторичная соединена съ обмотками индукторовъ; второй соединенъ съ одной стороны съ двумя остальными фидерами, а съ другой стороны съ арматурой (transformateur de potentiel). Арматура двигателя обыкновенная съ коллекторомъ и щеточками (ее питаютъ большую частью трансформаторами, соединенными звѣздой); токи въ арматурѣ и въ индукторахъ двигателя находятся между собой въ фазѣхъ, когда нагрузка безындуктивна; очевидно, что реакція арматуры и поля даетъ пару постоянного направленія. Если токъ въ главной цѣпи, къ которой присоединены трансформаторы этого реле, переменить направленіе, то изменится и направленіе механической пары; арматура должна придти во вращеніе. Но арматура удерживается, а дѣйствіе передается рукояткѣ, которая повернется и замкнетъ контакты, соединенные, какъ показано на фиг. 26, съ дифференціальнымъ электромагнитомъ контрольнаго прерывателя, который автоматически разомкнетъ цѣпь маслянаго выключателя. Очевидно, что для каждой линіи необходимо два реле.

Для указанія того, разомкнуть прерыватель автоматически или рукой, ручка прерывателя имѣетъ два положенія относительно пластины; въ томъ и въ другомъ ее удерживаетъ затворъ: по углу наклона ручки можно сразу увидать автоматически или рукой разомкнуть прерыватель.

**О развитіи электрическихъ желѣзныхъ дорогъ въ Германіи.** Пользуясь статистикой электрическихъ желѣзныхъ дорогъ въ Германіи появившейся въ Е. Т. З. № 13, можно привести нѣкоторыя интересныя данныя, характеризующія развитіе электрической тяги въ Германіи и состояніи ея въ настоящее время.

Число городовъ или округовъ, имѣвшихъ электрическія желѣзныя дороги было

до конца 1891 . . . . .	3
" " 1892 . . . . .	5
" " 1893 . . . . .	11

до конца 1894 . . . . .	21
" " 1895 . . . . .	32
" " 1896 . . . . .	43
" " 1897 . . . . .	59
" " 1898 . . . . .	73
" " 1899 . . . . .	87
" " 1900 . . . . .	104
до 1 окт. 1901 . . . . .	113

Затѣмъ еще въ началѣ октября 1901 г. рѣшено было также приступить къ постройкѣ электр. жел. дорогъ еще въ 20 гор. и окр. Изъ нихъ къ 1 апрѣля 1902 г. въ восьми округахъ электр. жел. дороги долж-

ны быть уже готовыми къ открытію, такъ что въ настоящее время электр. тягой обладаютъ 115 городовъ и округовъ. Кромѣ того, въ 21 округѣ, въ которыхъ уже введена электр. тяга рѣшено было приступить къ расширенію существующихъ уже сѣтей.

Не менѣе интересны также свѣдѣнія, представленныя въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ которой подъ словами „длина путей“ подразумѣвается длина улицъ и дорогъ, по которымъ проложены электр. жел. дороги, подъ словами же „длина рельсовыхъ путей“ слѣдуетъ подразумѣвать длину всѣхъ рельсовыхъ путей, принимая во вниманіе однокольный путь.

	1 авг. 1896 г.	1 сент. 1897 г.	1 сент. 1898 г.	1 сент. 1899 г.	1 сент. 1900 г.	1 окт. 1901 г.	Увеличеніе въ 1900/1901 г. въ %
Число центральныхъ станцій для электр. жел. дор. . . . .	42	56	68	88	99	113	14
Длина путей въ килом. . . . .	582,9	957,1	1429,5	2048,6	2868	3099,4	8
Длина рельсовыхъ путей въ килом. . . . .	854,1	1355,9	1939,1	2812,6	4254,6	4587,7	6,9
Число вагоновъ - двигателей . . . . .	1571	2255	3190	4504	5994	7290	21,6
Число прицепныхъ вагоновъ . . . . .	989	1601	2128	3138	3962	4967	25,4
Мощность электр. машинъ въ киловаттахъ . . . . .	18560	24920	33333	52500	75608	108021	43,1
Мощность аккумуляторныхъ батарей въ киловаттахъ . . . . .	—	—	5118	13532	25531	25531	5,51

Слѣдуетъ, однако, отмѣтить еще, что помимо данныхъ въ таблицѣ, рѣшено еще приступить къ постройкѣ электр. желѣзн. дорогъ длиною путей въ 97 км. и длиною рельсовыхъ путей въ 774 км. Изъ нихъ къ концу марта 1902 г. должны были быть готовыми 90 км. путей и 135 км. рельсовыхъ путей, такъ что, въ случаѣ правильнаго веденія работъ, въ настоящее время въ Германіи должно считаться электр. жел. дорогъ длиною путей въ 3200 км. (въ кругл. цифр.) и длиною рельсовыхъ путей въ 4700 км. (въ кругл. цифр.).

Весьма интересны еще слѣдующія сообщенія выведенныя, какъ среднія изъ эксплоационныхъ данныхъ электр. жел. дорогъ: мощность электр. машинъ на каждый километръ рельсового пути составляетъ 20,8 киловатта, на каждый же вагонъ—двигатель 15,7 киловатта.

Замѣчательно еще то, что промышленный кризисъ такъ печально отразившійся на большинствѣ коммерческихъ предпріятій почти не коснулся дальнѣйшаго успѣшнаго развитія электрическихъ жел. дорогъ, что ясно видно изъ таблицы сравненіемъ данныхъ за послѣдніе два года.

нополь и Марионъ находятся другъ отъ друга въ 110 километровъ, при чемъ электрическая жел. дорога, соединяющая ихъ, имѣетъ двѣ вѣтви и присоединена къ электр. жел. дорогамъ обоихъ городовъ, такъ что общая длина рельсовыхъ путей, обладающихъ электр. тягой равняется 250 километрамъ. Подобная сѣть можетъ быть разсматриваема какъ обыкновенная желѣзная дорога, тѣмъ болѣе еще, что на описываемой жел. дорогѣ средняя развиваемая скорость равняется 70 километрамъ, максимальная же доходитъ до 90 килом. въ часъ. Замѣчательно при этомъ то, что несмотря на эти скорости подача тока производится при посредствѣ обыкновенной системы воздушныхъ проводовъ и ролика. Роликъ имѣетъ только 15 см. въ діаметрѣ и передаетъ при максимальной скорости токъ въ 150 амперъ, между тѣмъ, какъ при троганіи съ мѣста токъ этотъ возрастаетъ даже до 350 амперъ.

Понятно, что при упомянутой длинѣ желѣзн. дороги было бы не экономично примѣнять напряженіе въ 550 вольтъ, принятое за нормальное при электрической тягѣ въ городахъ. Общество поэтому примѣнило излюбленную въ Америкѣ систему передачи на разстояніе при помощи трехфазнаго тока высокаго напряженія и непосредственной подводки къ вагоны постоянного тока болѣе низкаго напряженія. Центральная станція расположена въ городѣ Андерсонъ, приблизительно посреднѣ главнаго пути. Она снабжена водотрубными котлами, приспособленными для отопленія натуральнымъ газомъ, а такъ

**Электрическая желѣзная дорога между Индианополемъ и Марионъ.** Въ журналѣ „Engineering“ приведены слѣдующія интересныя свѣдѣнія объ этой желѣзной дорогѣ, принадлежащей обществу Union Traction Co Indiana. Города Инди-

же углем, при посредствѣ автоматическихъ топокъ, и имѣть три пародинамо мощностью по 1000 киловаттъ каждая. Отопление углемъ производится только во временахъ, когда натуральный газъ подводится не въ достаточномъ количествѣ. Въ общемъ-же эксплуатация поддерживается при посредствѣ газа, цѣна котораго соответствуетъ цѣнѣ угля по 6 марокъ за тонну. Генераторы трехфазнаго тока имѣютъ напряжение по 3200 вольтъ между проводами линии. Число оборотовъ генераторовъ 200 въ минуту. Магниты поля служатъ въ видѣ махового колеса и тѣмъ не менѣе каждая машина имѣетъ еще, кроме того, по маховому колесу, вѣсомъ въ 55 тоннъ и диаметромъ въ 5,4 метра каждый. Подобное большое внимание на коэффициентъ равномерности генераторовъ уделено потому, что токъ служитъ для приведения въ дѣйствіе вращающихся трансформаторовъ, требующихъ исполненія упомянутаго условия.

Напряжение въ 3200 вольтъ недостаточно для канализации тока по всей линіи, вслѣдствіе чего на станціи установлены трансформаторы для поднятія напряжения съ 3200 вольтъ до 15000 вольтъ, при чемъ токъ этого напряжения подводится къ 9 подстанціямъ, расположеннымъ вдоль пути. Одна изъ этихъ подстанцій находится въ главной Центральной станціи, прочія же вѣтви ея. Изъ послѣднихъ 4 оборудованы двумя вращающимися трансформаторами по 250 киловаттъ каждый, четыре-же остальныхъ имѣютъ линіи по одному вращ. трансф. въ 250 киловаттъ.

На центральной станціи имѣется уравнивательная батарея мощностью въ 211 квт. при одночасовомъ разрядѣ, батареи-же въ подстанціяхъ обладаютъ мощностью въ 168 и соответствено въ 84 киловатта также при одночасовомъ разрядѣ.

Въ подстанціяхъ не существуетъ запасныхъ машинъ, вмѣсто чего имѣется вагонъ, оборудованный трансформаторами и, вращающимся трансформаторомъ, а также всѣми необходимыми соединительными частями. Вагонъ этотъ можетъ быть подвезенъ къ любой изъ подстанцій и имѣетъ, слѣдовательно, назначеніе общей резервной установки. Вагонъ имѣетъ длину въ 6,4 метра, ширину-же въ 2,6 метра и оказался весьма удобнопримѣнимымъ и экономнымъ по устройству. Батареи застрахованы изъ 6% ихъ стоимости приобрѣтенія и до сихъ поръ это было единственнымъ расходомъ, который пришлось занести на счетъ ремонта. Стоимость ремонта и общаго расхода за 6 мѣсяцевъ эксплуатаціи, съ апрѣля по сентябрь, считая въ общій расходъ расходы на топливо, на жалованье, на смазку, чистку и ремонтъ, обошлись, относя расходы эти къ количеству энергіи, отдаваемой во вторичную цѣль подстанцій на киловатт-часъ—на ремонтъ въ 0,7 пфенинга, на общій-же расходъ въ 4,9 пфенинга.

Главная линія, длиною въ 110 километровъ, одноклейна и имѣетъ концы, три километра разъѣзды. Погон. метръ рельсъ вѣситъ 34 кгр.; длина каждаго рельса—18 метровъ. Несмотря на большія скорости на этой дорогѣ и на то, что она одноклейна, особой сигнализаци на ней не устроено и распоряженія передаются по телефону. Для этой цѣли въ мѣстахъ остановокъ устроены телефонныя станціи, которыя могутъ быть достигаемы машинистомъ не покидая вагона. Онъ присоединяетъ, при посредствѣ штепселя, свой телефонъ къ общей сѣти и выслушиваетъ, такимъ образомъ, приказанія, отдаваемые изъ главнаго распределительнаго мѣста. До-сего времени система эта оказалась удобнопримѣнимой, т. е. не произошло еще ни одного несчастнаго случая, хотя трудно предположить, чтобы система эта и въ будущемъ вполне оправдала къ ней питаемое довѣріе.

## БИБЛИОГРАФІЯ.

Scientia № 19. E. Carvallo. L'Electricité déduite de l'expérience et ramenée au principe des travaux virtuels. Paris. C. Naud-éditeur. 1902. 91 pages, in 16°.

Э. Карвалло. Ученіе объ электричествѣ, основанное на опытѣ и сведенное къ принципу работы возможныхъ перемѣщеній. Парижъ. Изданіе No. 1902. Цѣна 2 фр. (= 75 к.).

Этотъ томикъ изданій г. Но „Scientia“ представляетъ собою не сводъ современныхъ научныхъ данныхъ по какому либо отдѣлу знанія, каковой служить темою большинства изданій названной серіи, но оригинальное изслѣдованіе г. Карвалло по основному вопросу теоріи электрическихъ явленій.

Максвеллъ свелъ ученіе объ электромагнитномъ полѣ на механическую задачу, вообразивъ въ формулахъ механики на ряду со скоростями видимого движенія скорости невидимыхъ, представляющихъ токъ и магнитное поле. Но мы не знаемъ механическихъ процессовъ, соответствующихъ электромагнитнымъ явленіямъ, и потому не можемъ, напр., токъ определенно выразить въ видѣ скорости какой-нибудь массы. Дѣлу помогаетъ способъ изслѣдовать механическіе процессы, зная выраженіе только кинетическихъ энергій, участвующихъ въ нихъ, — способъ уравненій Лагранжа; эти-то уравненія и послужили Максвеллю въ нахожденіи законовъ электродинамики, такъ какъ для энергіи тока и тока въ магнитномъ полѣ, мы получаемъ выраженіе изъ опыта. Максвеллъ не примѣнилъ своего метода къ случаю нахожденія постоянныхъ магнитовъ и желѣзныхъ массъ въ полѣ тока; г. Карвалло восполняетъ этотъ пробѣлъ (слѣдуя Сарро), но, кроме того, онъ указываетъ способъ примѣнить уравненія Лагранжа, къ Барлову колесу; тутъ требуются добавочныя опыты данныя, кроме тѣхъ, которыя достаточны для написанія уравненій Лагранжа въ общемъ случаѣ, подобно тому, какъ требуются добавочныя механическія условия для разрѣшенія задачи о полетѣ круга сера. Наконецъ, г. Карвалло, находя, что теорія Максвелла позволяетъ ознакомиться лишь съ линейнымъ токомъ, даетъ другія основныя уравненія для токовъ по тѣлеснымъ проводникамъ, которыя тоже въ сущности чисто механическаго характера: одно изъ нихъ выражаетъ, что работа силъ (принимая во вниманіе и инерцію) при возможномъ перемѣщеніи точекъ системы равна нулю; другое — уравненіе несжимаемости. Авторъ придаетъ этимъ уравненіямъ интересныя электрическія смыслы, разсматривая ихъ, какъ болѣе общее выраженіе законовъ Кирхгофа.

Книга г. Карвалло проникнута идеей механическаго представленія электромагнитныхъ явленій. Вопросъ о примѣненіи къ нимъ Лагранжевымъ уравненій излагается съ самаго его начала живымъ языкомъ и при очевидномъ стремленіи автора облегчить трудъ читателя; къ этому служатъ неоднократныя объяснительныя повторенія важнѣйшихъ мѣстъ и резюме, помѣщенные въ концѣ каждаго параграфа и каждой части.

В. Л.

## Отъ Редакціи.

Обычный обзоръ электрохиміи и электрометаллургіи за минувшій годъ, составляемый нашимъ постояннымъ сотрудникомъ Л. Г. Гурвичемъ, помѣщенъ въ нынѣшнемъ году въ Запискахъ Императорскаго Русскаго Техническаго Общества подъ названіемъ „Прикладная электрохимія и электрометаллургія въ 1901 году“ (См. Записки И. Р. Т. О. 1902 г. Маг. стр. 337).