

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Теорія дуги переменнаго тока и ея примѣненія.

Статья Д. Рожанскаго.

(Окончаніе).

Поющая дуга.

Поющая дуга, или явленіе Дудделя, возникаетъ, какъ извѣстно, тогда, когда параллельно къ дугѣ постояннаго тока приключена цѣпь, въ которой находятся емкость и самоиндукція. При благоприятныхъ условіяхъ, о которыхъ рѣчь будетъ ниже, въ этой цѣпи возникаютъ незатухающія колебанія. Емкость и самоиндукція создаютъ условія для возникновенія колебаній, но свободныя колебанія не могутъ поддерживаться неограниченное время, если въ цѣпи, кромѣ того, не имѣется источниковъ, пополняющихъ тотъ расходъ энергіи, который идетъ на нагреваніе проводниковъ и діэлектрика конденсатора. Эти потери въ случаѣ свободныхъ колебаній обуславливаютъ постепенное затуханіе колебаній, убываніе ихъ амплитуды. Если же въ поющей дугѣ мы имѣемъ незатухающія колебанія, то появленіе ихъ слѣдуетъ отнести на счетъ особенностей, представляемыхъ дугой, черезъ посредство которой расходующая энергія пополняется изъ цѣпи постояннаго тока.

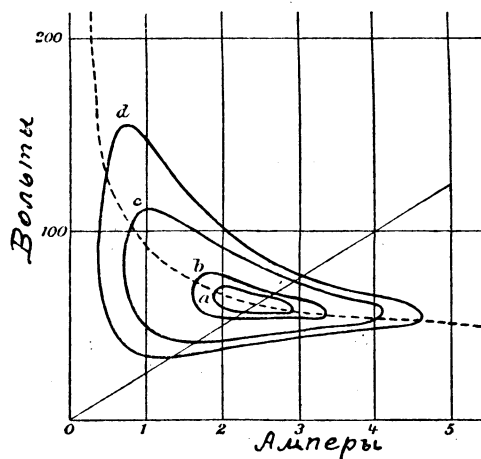
Поющая дуга представляетъ такимъ образомъ сложное явленіе, которое мы можемъ опредѣлить, сказавъ, что это есть дуга переменнаго тока, наложенная на дугу постояннаго тока. Это опредѣленіе даетъ намъ возможность распространить вышеизложенную теорію дуги переменнаго тока и на это явленіе. Для этого въ основное уравненіе теоріи

$$wS + \lambda \frac{dS}{dt} = ei$$

на мѣсто  $i$  необходимо поставить выраженіе, состоящее изъ постоянной части  $I$ , т. е. постояннаго тока, доставляемаго цѣпью постояннаго тока, главной цѣпью системы, какъ мы будемъ говорить, и гармонической части  $i_1$ , т. е. тока возникающаго въ боковой цѣпи, содержащей емкость и самоиндукцію. Если предположить, что  $i_1$  простая гармоническая функція, т. е.

$$i_1 = i_{01} \sin \omega t, \quad \dots \quad (1)$$

то нетрудно по выведеннымъ раньше формуламъ составить соотвѣтствующія выраженія для измененія напряженія въ поющей дугѣ и построить по нимъ характеристики для различныхъ случаевъ. Мы не станемъ производить эти нѣсколько сложныя выкладки, которыя не имѣютъ большого практическаго значенія, главнымъ образомъ потому, что въ большинствѣ случаевъ периодическая функція, представляющая зависимость силы тока отъ времени, далеко не имѣетъ того простаго вида, который принятъ въ уравненіи (1). Мы видѣли уже раньше, что форма кривой переменнаго тока имѣетъ существенное значеніе для точнаго описанія явленія. Въ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ поэтому мы не станемъ



Фиг. 1.

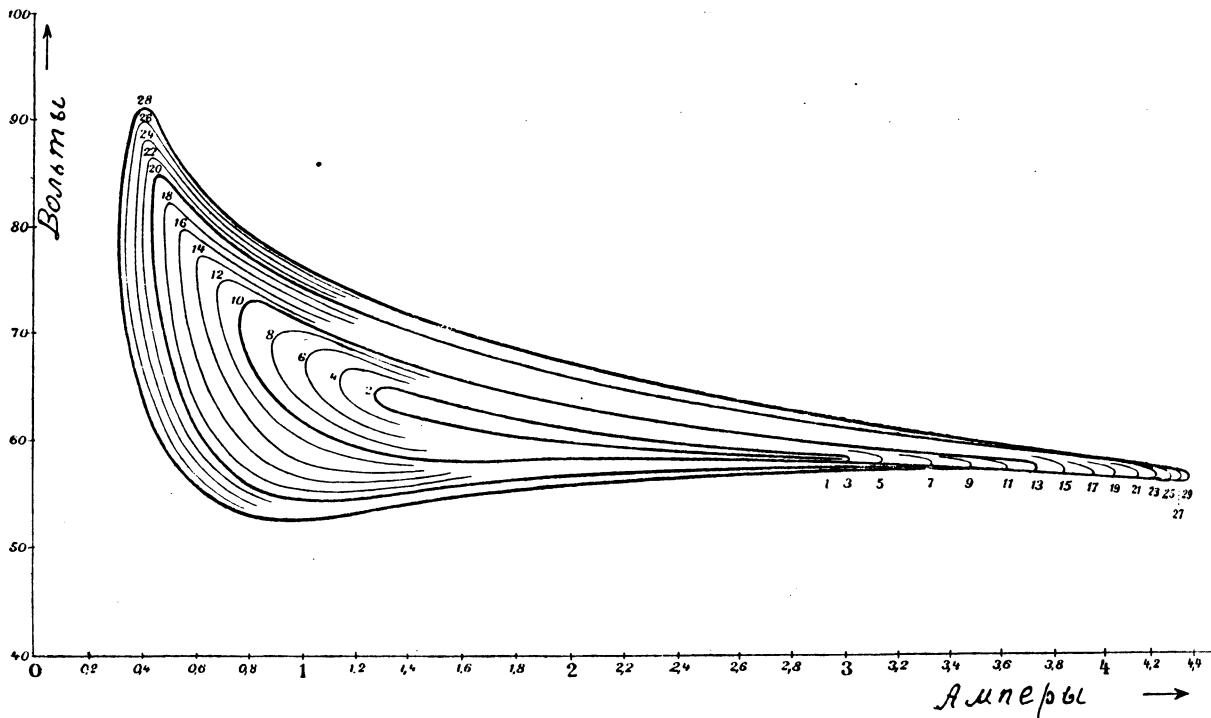
пользоваться тѣми аналитическими выраженіями, которыя были выведены для дуги переменнаго тока. Что же касается качественной проверки теоріи, то болѣе элементарный графическій методъ Симона даетъ также возможность въ общихъ чертахъ отънѣть пригодность ея.

На фиг. 1 изображены характеристики, построенныя Симономъ \*) для различныхъ амплитудъ переменнаго тока въ поющей дугѣ. Кривая, изображенная пунктиромъ, представляетъ характеристику дуги постояннаго тока; кривыя  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  представляютъ характеристики поющей

\*) Н. Th. Simon. Phys. Zeitschr. 1906. S. 442.

дуги при различныхъ амплитудахъ переменнаго тока. Мы видимъ, что при малыхъ амплитудахъ характеристика поюшей дуги мало уклоняется отъ характеристики дуги постоянного тока. Это и понятно, такъ какъ малыя колебанія тока не вызываютъ сильныхъ измѣненій условий суще-

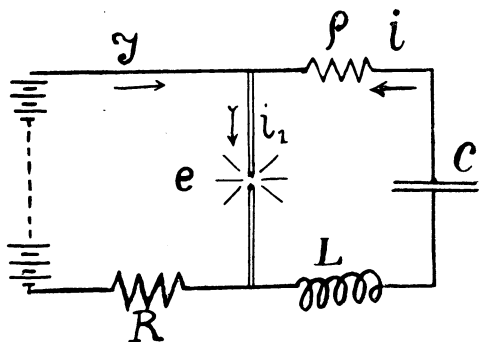
Чтобы сравнить эти выводы теоріи съ данными опыта, приведемъ реальныя кривыя (фиг. 2) изъ статьи Симона \*) о поющей дугѣ. Кривыя эти построены по вымѣреннымъ кривымъ тока и напряженія, сфотографированнымъ при помощи осциллографа Дуддлея въ тотъ моментъ,



Фиг. 2.

ствования дуги постоянного тока. При возрастаніи амплитуды, характеръ кривыхъ измѣняется: съ одной стороны въ нихъ появляются участки, на которыхъ кривая падаетъ болѣе круто, чѣмъ характеристика дуги постоянного тока; съ другой же стороны все рѣзче развиваются области,

когда колебанія возникали. Этотъ одинъ снимокъ позволилъ получить характеристики для различныхъ амплитудъ переменнаго тока, такъ какъ колебанія, разъ возникнувъ, нарастаютъ постепенно до максимума, при которомъ наступало установившееся состояніе. На этихъ кривыхъ мы видимъ почти тождественно воспроизведенныя особенности теоретическихъ кривыхъ.



Фиг. 3.

въ которыхъ касательная къ кривой наклонена къ оси абсциссъ подъ острымъ угломъ, въ которыхъ, стало быть, напряжение возрастаетъ одновременно съ токомъ. Этой особенности, характеризующей обыкновенныя проводники первого и второго рода, мы совсѣмъ не находимъ въ пунктирной кривой для дуги постоянного тока.

Разберемъ теперь, какія особенности дуги обусловливаютъ незатухающія колебанія въ боковой вѣтви. На фиг. 3 представлена схема соединеній для осуществленія явленія поюшей дуги. Батарея E посылаетъ черезъ сопротивление R и дугу, на электродахъ которой напряженіе равно e, токъ I. Токъ i въ дугѣ складывается изъ постоянного тока I и переменнаго  $i_1$ . Въ боковой цѣпи включено сопротивление  $\rho$ , самоиндукція L, и емкость C. Мы только что говорили, что въ главной цѣпи течетъ постоянный токъ I. Для того, чтобы токъ I былъ дѣйствительно постояннымъ, необходимо соблюсти нѣкоторыя условия. Составимъ для главной цѣпи уравненіе, выражающее, что алгебраическая сумма электродвижущихъ силъ въ ней равна нулю.

$$E = R \cdot I + e \dots \dots (2)$$

Изъ этого уравненія видно, что такъ какъ на-

пряженіе дуги періодически измѣняется, то, вообще говоря, и токъ  $I$  испытываетъ періодическія колебанія. Но если въ главную цѣпь включить достаточно большее сопротивление, то колебанія тока можно сдѣлать сколь угодно малыми. Такъ какъ  $E$ , т. е. электродвижущая сила батареи или машины постоянного тока, есть величина постоянная, то

$$\Delta e = -R \Delta I$$

или

$$\Delta I = -\frac{\Delta e}{R}.$$

При достаточно большомъ  $R$ ,  $\Delta I$  можетъ быть сдѣлано сколь угодно малымъ. Такое же дѣйствіе оказываетъ и включенная въ главную цѣпь самоиндукція. Мы можемъ такимъ образомъ всегда удовлетворить условію

$$I = \text{const.}$$

Уравненіе подобное (2) для боковой цѣпи напишется слѣдующимъ образомъ:

$$V = \rho i_1 + L \frac{di_1}{dt} + e, \quad \dots (3),$$

гдѣ  $V$  разность потенциаловъ на обкладкахъ конденсатора въ данный моментъ, а  $i_1$  токъ въ боковой цѣпи. Чтобы изслѣдовать, какими свойствами должно отличаться напряженіе въ дугѣ для того, чтобы были возможны незатухающія колебанія, мы возьмемъ случай уже установившихся колебаній, т. е. когда въ концѣ каждаго полнаго періода, какъ  $V$ , такъ и  $i_1$  возвращаются къ первоначальной величинѣ. Для этого помножимъ обѣ части уравненія (3) на  $i_1 dt$  и проинтегрируемъ обѣ части отъ нуля до  $T$ , гдѣ  $T$  есть полный періодъ колебаній. При этомъ замѣтимъ, что

$$i_1 = -C \frac{dV}{dt};$$

тогда получаемъ:

$$\frac{1}{2} [Li_1^2 + CV^2]_0^T + \int_0^T \rho i_1^2 dt + \int_0^T e i_1 dt = 0 \quad (4).$$

Согласно условію, что  $i_1$  и  $V$  послѣ полнаго колебанія возвращаются къ начальной величинѣ, выраженіе въ скобкахъ равно нулю; остаются только два послѣднихъ члена, изъ которыхъ одинъ выражаетъ величину Джоулева тепла, выдѣлившася въ сопротивленіи  $\rho$ , а другой работу, затраченную въ дугѣ или полученную изъ нея. Преобразуемъ каждый изъ этихъ интеграловъ въ отдѣльности, интегрируя ихъ по частямъ:

$$\int_0^T \rho i_1^2 dt = \left[ \rho i_1 \int_0^t i_1 dt \right]_0^T - \int_0^T \rho \frac{di_1}{dt} \left[ \int_0^t i_1 dt \right] dt. \quad \dots (5)$$

Обозначимъ для сокращенія письма  $\int_0^t i_1 dt$  черезъ  $q_t$ ; это есть количество электричества, протекшее черезъ сопротивленіе  $\rho$  въ положительномъ направленіи отъ начала колебанія до момента  $t$ . Нетрудно замѣтить, что выраженіе въ скобкахъ равно нулю, поэтому мы имѣемъ:

$$\int_0^T \rho i_1^2 dt = - \int_0^T \rho \frac{di_1}{dt} \cdot q_t dt. \quad \dots (5')$$

Подобнымъ же образомъ мы поступимъ и со вторымъ интеграломъ въ выраженіи (4) и найдемъ

$$\int_0^T e i_1 dt = - \int_0^T \frac{de}{dt} \cdot q_t dt. \quad \dots (6).$$

Такъ какъ напряженіе  $e$  и токъ  $i_1$  являются періодическими функциями времени, то  $e$  можно разсматривать, какъ функцію силы тока  $i$  и написать

$$\frac{de}{dt} = \frac{de}{di_1} \cdot \frac{di_1}{dt} \quad \text{или} \quad = \frac{de}{di} \cdot \frac{di_1}{dt} \quad \dots (7)$$

такъ какъ

$$i = i_1 + I,$$

а  $I$  по вышесказанному можно считать величиной постоянной. Подставляя выраженіе (7) во вторую часть равенства (6), мы можемъ при помощи равенствъ (5') и (6) написать уравненіе (4) въ слѣдующемъ сжатомъ видѣ

$$\int_0^T \left[ \rho + \frac{de}{di} \right] \cdot \frac{di_1}{dt} q_t dt = 0 \quad \dots (8).$$

Разберемъ теперь, при какихъ условіяхъ интеграль въ выраженіи (8) можетъ стать равнымъ нулю. Изъ равенства (5') видно, что интеграль того же вида, какъ и только что написанный, можетъ стать равнымъ нулю въ томъ случаѣ, когда коэффициентъ  $\rho + \frac{de}{di}$ , стоящій передъ произ-

веденіемъ  $\frac{di_1}{dt} \cdot q_t$  или постоянно равенъ нулю, или принимаетъ въ предѣлахъ интегрированія какъ положительныя, такъ равно и отрицательныя значенія. Это ясно изъ того, что интеграль въ лѣвой части равенства (5') не можетъ стать равнымъ нулю, если  $\rho$  все время сохраняетъ положительныя значенія, такъ какъ въ этомъ случаѣ интеграль представится суммой существенно положительныхъ членовъ, которая не можетъ стать равной нулю, если всѣ члены не равны нулю.

Такимъ образомъ условіе (8) говоритъ намъ, что для того, чтобы въ боковой цѣпи могли наступить незатухающія колебанія, величина  $\rho + \frac{de}{di}$  должна или всегда быть равной нулю, или принимать во время колебанія какъ положительныя, такъ и отрицательныя значенія. Первое

условіе требуетъ, чтобы  $\frac{de}{di} = -\rho$ , т. е. чтобы производная отъ  $e$  по  $i$  была постоянно равна нѣкоторой отрицательной величинѣ. Это условіе не можетъ быть осуществлено, такъ какъ въ характеристикахъ поюшей дуги тангенсъ угла наклоненія касательной, который и равенъ  $\frac{de}{di}$ , принимаетъ всевозможныя значенія, какъ положительныя, такъ и отрицательныя. Зато второе, болѣе общее условіе, какъ разъ осуществлено въ поюшей дугѣ.

Итакъ только тѣ проводники, которые имѣютъ характеристику, подобную характеристикѣ вольтовой дуги, въ которыхъ величина  $\frac{de}{di}$  можетъ принимать отрицательныя значенія, способны, подобно вольтовой дугѣ, поддерживать незатухающія колебанія въ цѣпи, содержащей емкость и самоиндукцію. Таковыми являются газы при различныхъ условіяхъ, таковыми же являются и твердые электролиты, проводящіе хорошо токъ только при высокихъ температурахъ; другими словами, условіе это можетъ осуществляться во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда токъ черезъ посредство ли тепла, выдѣляемаго имъ, или ионизаціи среды способенъ увеличивать въ достаточной мѣрѣ электропроводность проводника.

Продифференцируемъ теперь обѣ части уравненія (3) по времени, замѣтивъ, что

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{i_1}{C}, \text{ а } \frac{de}{dt} = \frac{de}{di} \cdot \frac{di_1}{dt}$$

Тогда уравненіе можно написать въ слѣдующемъ видѣ:

$$L \frac{d^2 i_1}{dt^2} + \left[ \rho + \frac{de}{di} \right] \frac{di_1}{dt} + \frac{i_1}{C} = 0 \quad (9).$$

Теперь мы ясно видимъ, что величина  $\frac{de}{di}$  играетъ въ явленіи такую же роль, какъ сопротивление  $\rho$ ; разница заключается въ томъ, что сопротивление обыкновенныхъ проводниковъ остается всегда величиной положительной, а  $\frac{de}{di}$  или, какъ ее можно назвать, кажущееся сопротивление дуги, можетъ принимать какъ положительныя, такъ и отрицательныя значенія. Посмотримъ, что говоритъ намъ уравненіе (9) насчетъ условій, при которыхъ могутъ возникнуть незатухающія колебанія. Представимъ себѣ, что мы подключаемъ къ дугѣ постоянного тока цѣпь съ конденсаторомъ. Часть главнаго тока, который передъ этимъ шелъ весь черезъ дугу, отвѣтвится для зарядки конденсатора. Вслѣдствіе присутствія самоиндукціи зарядка конденсатора имѣетъ колебательный характеръ. Эти первоначальныя колебанія невелики, какъ показываетъ и непосредственный опытъ, и можно съ большимъ приближеніемъ сказать, что при этомъ зависимость напряженія дуги отъ силы тока ма-

ло отличается отъ того закона, который характеризуетъ дугу постоянного тока. При малыхъ амплитудахъ переменнаго тока на томъ небольшомъ участкѣ характеристики дуги, гдѣ происходятъ эти начальныя колебанія, можно считать, что уголъ наклоненія касательной къ характеристикѣ мало измѣняется, а слѣдовательно  $\frac{de}{di}$  есть величина постоянная и при томъ отрицательная. Въ самомъ дѣлѣ, зависимость напряженія въ дугѣ постоянного тока отъ силы тока выражается слѣдующей эмпирической формулой

$$e = a(1 + \alpha l) + \frac{b(1 + \beta l)}{i}, \dots (10),$$

гдѣ  $a, b, \alpha$  и  $\beta$  суть постоянныя, а  $l$  длина дуги; слѣдовательно

$$\frac{de}{di} = -\frac{b(1 + \beta l)}{i^2} \dots (11).$$

Мы видимъ такимъ образомъ, во-первыхъ, что кажущееся сопротивление дуги постоянного тока есть величина отрицательная, а во-вторыхъ, что по абсолютной величинѣ оно возрастаетъ съ уменьшеніемъ силы тока, а также съ увеличеніемъ длины дуги. Чѣмъ меньше та средняя сила тока, около которой происходятъ начальныя колебанія, т. е. чѣмъ меньше сила тока въ дугѣ передъ приключеніемъ конденсатора и чѣмъ длиннѣе дуга, тѣмъ больше абсолютная величина  $\frac{de}{di}$ .

Такъ какъ мы можемъ принять, по вышесказанному, что при первоначальныхъ незначительныхъ колебаніяхъ силы тока кажущееся сопротивление дуги остается величиной постоянной, то уравненіе (9) легко интегрируется и мы можемъ написать

$$i_1 = i_0 e^{-\frac{(\rho + \frac{de}{di})t}{2L}} \sin \omega t \dots (12),$$

гдѣ

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{(\rho + \frac{de}{di})^2}{4L^2}}.$$

Если  $\frac{de}{di}$  по абсолютной величинѣ больше  $\rho$ , то выраженіе въ показателѣ есть величина положительная, возрастающая вмѣстѣ съ  $t$ . Такимъ образомъ и показательная функція во второй части уравненія (12) есть величина возрастающая съ теченіемъ времени, а слѣдовательно и амплитуды переменнаго тока  $i_1$  будутъ возрастать. Колебанія, разъ возникшія, не затухаютъ, а развиваются. Условіе для этого выражается неравенствомъ

$$-\frac{de}{di} > \rho \dots (13).$$

Если это условіе выполнено, т. е. если кажу-

шее сопротивление дуги по абсолютной величинѣ больше сопротивленія проводниковъ въ цѣпи, въ которой происходятъ колебанія, то колебанія возникнутъ, какъ бы ни было мало первоначальное измѣненіе силы тока въ дугѣ. При этомъ необходимо замѣтить, что подъ  $\rho$  слѣдуетъ подразумѣвать не только омическое сопротивление проводовъ, но также всѣ тѣ источники вредныхъ тратъ энергіи, которые могутъ существовать въ цѣпи. Таковыми могутъ являться и потери вслѣдствіе плохого качества изоляціи въ конденсаторѣ, діэлектрическаго гистерезиса въ изолирующемъ слоѣ и т. д., т. е. всѣ причины, обуславливающія нагрѣваніе конденсатора. Поэтому, чтобы осуществить колебанія и при малыхъ абсолютныхъ значеніяхъ  $\frac{de}{di}$ , необходимо не только уменьшить по возможности сопротивление проводовъ, но также выбрать такой конденсаторъ, который давалъ бы по возможности меньше вредныхъ потерь энергіи.

Для того, чтобы при данномъ  $\rho$  наступило явленіе поющей дуги, необходимо увеличить по возможности  $-\frac{de}{di}$ . Этого можно достигнуть, какъ мы уже говорили, или уменьшая силу тока въ дугѣ, или увеличивая ея длину. Поэтому, чтобы вызвать колебанія, если они не наступили при приключеніи конденсатора, необходимо или уменьшать силу тока въ дугѣ, или удлинять дугу. Какъ только этимъ путемъ мы осуществимъ условіе (13), дуга начнетъ пѣть при малѣйшемъ отклоненіи отъ первоначальнаго состоянія отъ тѣхъ безчисленныхъ причинъ, которыя постоянно имѣются на лицо.

Когда амплитуда колебаній настолько возрастаетъ, что уже окажется невозможнымъ принимать  $\frac{de}{di}$  постояннымъ за все время колебанія, то и формула (12) не будетъ уже передавать характера колебаній, которые будутъ имѣть весьма сложную форму, зависящую отъ измѣненія  $\frac{de}{di}$  во время колебанія. По мѣрѣ возрастанія амплитудъ начинаютъ появляться, какъ видно изъ фиг. 2, участки, на которыхъ  $\frac{de}{di}$  принимаетъ и положительныя значенія. Наростаніе колебаній кончается только тогда, когда характеристика дуги приметъ форму, при которой выполнено условіе (8)

$$\int_0^T \left( \rho + \frac{de}{di} \right) \cdot \frac{di}{dt} q_t dt = 0 \quad (8).$$

Уже было указано, что интегралъ не можетъ стать равнымъ нулю, если сумма въ скобкахъ сохраняетъ въ предѣлахъ интегрированія одинъ и тотъ же знакъ; если за все время одного колебанія  $\rho + \frac{de}{di} > 0$ , то колебанія вообще не могутъ самостоятельно поддерживаться и, разъ возник-

нувъ, должны затухать; если же  $\rho + \frac{de}{di} < 0$ , то колебанія должны наростать, пока амплитуда ихъ не достигнетъ такой величины, когда интегралъ (8) равенъ нулю. Если же  $\rho + \frac{de}{di}$  за время колебанія принимаетъ, какъ положительныя, такъ и отрицательныя значенія, то смотря по тому, какія преобладаютъ, интегралъ (8) можетъ стать больше, меньше, или равнымъ нулю. Нетрудно доказать, что если интегралъ  $> 0$ , то колебанія должны затухать; если же  $< 0$ , то амплитуда колебаній возрастаетъ. Если для малыхъ амплитудъ удовлетворено условіе (13), то интегралъ (8) для этихъ колебаній  $> 0$ . При возрастаніи амплитуды колебаній интегралъ можетъ или убывать, приближаясь къ нулю, когда колебанія можно считать установившимися, или возрастать до нѣкотораго максимума и затѣмъ уже убывать до нуля. Что этотъ случай возможенъ, на это указываетъ видъ характеристики при большихъ амплитудахъ, въ которой величина  $\frac{de}{di}$  мѣстами принимаетъ отрицательныя значенія, очень большія по абсолютной величинѣ. Но если интегралъ при возрастаніи амплитуды можетъ возрастать, то возможны случаи, когда для малыхъ колебаній  $\rho + \frac{de}{di} > 0$ , т. е. интегралъ  $< 0$ , и колебанія все таки могутъ возникнуть. Это будетъ въ томъ случаѣ, если при возрастаніи амплитудъ колебаній интегралъ (8) возрастаетъ, переходя отъ отрицательныхъ къ положительнымъ значеніямъ; тогда колебанія не могутъ самостоятельно поддерживаться, пока амплитуда ихъ меньше нѣкоторой величины, при которой происходитъ переходъ интеграла отъ отрицательныхъ къ положительнымъ значеніямъ. Если искусственно довести амплитуду колебаній до этой предѣльной величины, то колебанія начнутъ затѣмъ сами наростать и дуга получаетъ способность самостоятельно поддерживать колебанія; если обратно, амплитуда опустится ниже этой предѣльной величины, то уже существующія колебанія должны затухнуть. Въ этомъ случаѣ дуга не начнетъ пѣть, если къ ней просто приключить цѣпь, содержащую емкость и самоиндукцію; для того, чтобы заставить ее пѣть, нужно какимъ нибудь путемъ вызвать колебанія въ боковой цѣпи и по возможности раскатать ихъ. Это явленіе очень характерно для поющей дуги.

Если мы знаемъ видъ характеристики поющей дуги, то мы можемъ сдѣлать нѣсколько замѣчаний о періодѣ колебаній. Какъ извѣстно, первоначально принималось, что періодъ колебаній въ поющей дугѣ выражается въ зависимости отъ емкости и самоиндукціи боковой цѣпи формулой Томсона для свободныхъ колебаній. Болѣе тщательное изученіе колебаній показало весьма значительныя отклоненія ихъ періода отъ періода свободныхъ колебаній боковой цѣпи. Мы увидимъ сейчасъ, что періодъ колебаній опредѣ-

ляется свойствами характеристики, и знаніе вида послѣдней даетъ возможность оцѣнить уклоненіе періода поющей дуги отъ періода свободныхъ колебаній.

Мы будемъ въ дальнѣйшемъ обозначать черезъ  $T$  величину не періода, а полуперіода колебаній, т. е. разстояніе по оси абсциссъ между сосѣдними точками, въ которыхъ кривая переменнаго тока пересѣкаетъ ось абсциссъ между нулями функціи  $i$ . Предположимъ такимъ образомъ, что въ точкахъ  $O$  и  $T$  сила тока  $i=0$ .

Уравненіе для поющей дуги напишется такъ:

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{L} \left( \rho + \frac{de}{di} \right) \frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0 \quad (9)$$

Выберемъ вспомогательную функцію  $z$ , которая обращается въ нуль въ тѣхъ же точкахъ; для этого положимъ  $z = \sin \omega t$ , гдѣ  $\omega = \frac{\pi}{T}$ . Дифференціальное уравненіе этой функціи имѣетъ слѣдующій видъ:

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \omega^2 z = 0 \quad (14)$$

Умножая обѣ части перваго уравненія на  $z$ , а втораго на  $i$ , и вычитая полученныя выраженія одно изъ другаго, находимъ

$$\frac{d}{dt} \left( z \frac{di}{dt} - i \frac{dz}{dt} \right) + \frac{1}{L} \left( \rho + \frac{de}{di} \right) z \frac{di}{dt} + zi \left( \frac{1}{CL} - \omega^2 \right) = 0 \quad (15)$$

Проинтегрируемъ обѣ части этого уравненія между предѣлами  $O$  и  $T$ . Тогда получаемъ

$$\left[ z \frac{di}{dt} - i \frac{dz}{dt} \right]_0^T + \frac{1}{L} \int_0^T \left( \rho + \frac{de}{di} \right) z \frac{di}{dt} dt + \left( \frac{1}{CL} - \omega^2 \right) \int_0^T zi dt = 0$$

Первый членъ въ скобкахъ равенъ нулю, такъ какъ въ точкахъ  $O$  и  $T$ , какъ  $z$ , такъ и  $i$  обращаются въ нуль. Поэтому мы можемъ написать

$$\frac{1}{L} \int_0^T \left( \rho + \frac{de}{di} \right) z \frac{di}{dt} dt = \left( \omega^2 - \frac{1}{CL} \right) \int_0^T zi dt \quad (16)$$

Въ силу условій, которымъ подчинена функція  $i$ , мы можемъ представить ее въ промежуткѣ  $OT$  рядомъ Фурье содержащемъ только синусы

$$i = \sum_{n=1}^{\infty} i_{0,n} \sin n\omega t$$

Подставляя это выраженіе для  $i$  во вторую часть уравненія (16), мы видимъ, что всѣ члены суммы полученныхъ этимъ путемъ интеграловъ обращаются въ нуль, кромѣ перваго, который дѣлается равнымъ

$$\frac{\pi i_{0,1}}{2\omega}$$

Интегрируя, кромѣ того, первую часть уравненія (16) по частямъ, находимъ послѣ нѣкоторыхъ упрощеній

$$\frac{1}{L} \int_0^T \left( \rho i + e \right) \frac{dz}{dt} dt = \left( \frac{1}{CL\omega^2} - 1 \right) \cdot \frac{\pi i_{0,1} \cdot \omega}{2} \dots (17)$$

Въ этой формулѣ  $\frac{dz}{dt} = \omega \cos \omega t$ . Преобразуемъ интегралъ въ первой части уравненія (17):

$$\int_0^T \rho i \cos \omega t dt = \int_0^{\frac{T}{2}} \rho i \cos \omega t dt + \int_{\frac{T}{2}}^T \rho i \cos \omega t dt$$

Во второмъ интегралѣ второй части этого равенства мы введемъ новую переменную  $t_1$ , связанную съ прежней равенствомъ

$$t_1 + t = T$$

Дѣлая эту подстановку, послѣ нѣкоторыхъ преобразованій получаемъ

$$\int_0^T \rho i \cos \omega t dt = \int_0^{\frac{T}{2}} \rho (i - i_1) \cos \omega t dt$$

гдѣ  $i_1$  есть новая функція, которая получается изъ  $i$ , если въ послѣдней произвести указанную замѣну независимой переменной. Чтобы отдать себѣ отчетъ, какое значеніе имѣетъ это преобразование, замѣтимъ, что моменты  $t$  и  $t_1$  одинаково далеко отстоятъ соответственно отъ моментовъ  $O$  и  $T$ , т. е. отъ начала и конца полуперіода. Поэтому, производя это преобразование, мы соединяемъ попарно элементы интеграла, равно далеко отстоящіе отъ предѣловъ интегрированія. Если мы въ серединѣ промежутка  $OT$  на оси времявъ возстановимъ перпендикуляръ, то по одну сторону отъ него будутъ лежать значенія  $i$ , а по другую  $i_1$ . Разность  $i - i_1$  равна нулю, если кривая тока имѣетъ вполне симметричный характеръ относительно этого перпендикуляра; чѣмъ рѣзче асимметрия кривой, тѣмъ большія значенія принимаетъ и разность, входящая въ подынтегральную функцію.

Точно такъ же находимъ

$$\int_0^T e \cos \omega t dt = \int_0^{\frac{T}{2}} (e - e_1) \cos \omega t dt$$

Подставляя эти преобразованныя выраженія въ первую часть уравненія (17), получаемъ

$$\frac{\omega \rho}{L} \int_0^{\frac{T}{2}} (i - i_1) \cos \omega t dt + \frac{\omega}{L} \int_0^{\frac{T}{2}} (e - e_1) \cos \omega t dt = \frac{\pi i_{0,1} \cdot \omega}{2} \left( \frac{1}{LC\omega^2} - 1 \right) \dots (18)$$

Если мы обратимся теперь къ реальнымъ кривымъ тока и напряженія, то увидимъ, что первая, т. е. кривая тока, симметрична относительно оси, параллельной оси ординатъ и дѣлящей промежутокъ  $OT$  пополамъ; что же касается кривыхъ напряженія, то въ нихъ асимметрія очень рѣзко выражена. Последнее свойство особенно ясно выражено въ характеристикахъ поющей дуги, которыя показываютъ, что напряженіе при возрастаніи тока въ дугѣ всегда больше, чѣмъ напряженіе при убывающемъ токѣ. Вслѣдствіе этого, интегралы въ лѣвой части уравненія (18) представляютъ изъ себя величины разныхъ порядковъ. Въ то время, какъ разность  $i - i_1$  близка къ нулю и кромѣ того умножается на малую величину  $\rho$ , такъ какъ омическое сопротивление контура боковой цѣпи, вообще говоря, мало, — разность соответственныхъ значеній напряженія, т. е.  $e - e_1$  можетъ достигать значительной величины, какъ мы видѣли на реальныхъ характеристикахъ. Эти замѣчанія позволяютъ намъ пренебречь первымъ интеграломъ уравненія (18) по сравненію со вторымъ и представить уравненіе въ болѣе доступномъ для изслѣдованія видѣ. Мы полагаемъ такимъ образомъ  $i = i_1$ ; характеристики же поющей дуги показываютъ намъ, что  $e > e_1$ . Такъ какъ  $\cos \omega t$  въ первой четверти періода принимаетъ положительныя значенія, то изъ подъ интеграла можно вынести нѣкоторое среднее значеніе разности  $e - e_1$ , которое мы отмѣтимъ горизонтальной чертой сверху.

Тогда получаемъ

$$\frac{\omega}{L} \cdot \overline{e - e_1} \int_0^T \cos \omega t dt = \frac{\pi i_{0,1} \omega}{2} \left( \frac{1}{CL\omega^2} - 1 \right)$$

или, выполняя дѣйствіе интегрированія

$$\frac{\overline{e - e_1}}{L} = \frac{\pi i_{0,1} \omega}{2} \left( \frac{1}{CL\omega^2} - 1 \right) \quad \dots (19).$$

Назовемъ періодъ свободныхъ колебаній въ боковой цѣпи, который опредѣляется только величиной емкости и самоиндукціи по извѣстной формулѣ Томсона, черезъ  $\tau$ , тогда

$$\tau = \pi \sqrt{LC}.$$

Согласно же уже принятому нами обозначенію

$$\omega = \frac{\pi}{\tau}.$$

Подставляя эти выраженія въ формулу (19), получаемъ

$$\frac{T^2 - \tau^2}{T} = \frac{2C}{i_{0,1}} \cdot \overline{e - e_1} \quad \dots (19').$$

Если  $T$  мало отличается отъ  $\tau$ , то получается еще болѣе простое соотношеніе

$$T - \tau = \frac{C}{i_{0,1}} \cdot \overline{e - e_1} \quad \dots (19'').$$

Эти простыя соотношенія позволяютъ намъ сдѣлать слѣдующія заключенія. Во-первыхъ, оба полуперіода одного полного колебанія, вообще говоря, не будутъ равны между собой, такъ какъ среднее значеніе разности  $e - e_1$  всегда больше для области отрицательныхъ значеній силы тока, чѣмъ для области положительныхъ; поэтому величина  $T$  для области положительныхъ значеній  $i$  всегда меньше и притомъ ближе къ величинѣ  $\tau$ , т. е. къ періоду свободныхъ колебаній системы. Во-вторыхъ, періодъ поющей дуги всегда больше, чѣмъ періодъ свободныхъ колебаній, и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ больше асимметрія представляетъ кривая напряженія.

Періодъ колебаній такимъ образомъ тѣсно связанъ съ видомъ характеристики поющей дуги. Если въ силу какой-либо причины, напри- мѣръ, удлиненія дуги или другихъ нарушений режима, видъ характеристики мѣняется, то и періодъ колебаній можетъ значительно измѣниться, несмотря на то, что емкость и самоиндукція въ боковой цѣпи остаются неизмѣнными. Если мы вспомнимъ, что въ дугѣ переменнаго тока асимметрія тѣмъ больше, чѣмъ меньше средняя сила тока и чѣмъ длиннѣе дуга, то станутъ понятнымъ и такіе экспериментально установленные факты, какъ то, что періодъ поющей дуги тѣмъ больше, чѣмъ меньше средняя сила тока въ дугѣ, т. е. сила постоянного тока, и чѣмъ длиннѣе дуга. Кромѣ того, періодъ поющей дуги зависитъ также и отъ формы кривой тока, т. е. отъ величины амплитуды  $i_{0,1}$  основного колебанія.

Такимъ образомъ, хотя при разсмотрѣніи явленія поющей дуги мы еще не можемъ, исходя изъ начальныхъ условій, построить характеристику дуги, какъ мы это дѣлали для дуги переменнаго тока, но все же и разсмотрѣніе реальныхъ характеристикъ, полученныхъ экспериментальнымъ путемъ, позволяютъ сдѣлать, какъ мы видимъ, много интересныхъ выводовъ, разъясняющихъ механизмъ колебаній и вліяніе на нихъ различныхъ факторовъ.

### Искровой колебательный разрядъ.

Среди различныхъ формъ разряда черезъ газы при атмосферномъ давленіи наибольшее вниманіе за послѣднее время привлекъ искровой колебательный разрядъ, который имѣетъ большое практическое значеніе для техники беспроводнаго телеграфа, такъ какъ искра представляетъ напрямѣнную и весьма важную составную часть всякой системы беспроводнаго телеграфа. Это значеніе особенно рѣзко выяснилось въ послѣднее время, когда на сцену стали выступать настроенныя системы. Явленіе резонанса оказалось такимъ первостепеннымъ факторомъ въ развитіи беспроводнаго телеграфа, что всѣ новѣйшія теченія направились въ эту сторону, стремясь использовать его въ различныхъ отношеніяхъ. Но явленіе резонанса насту-

пасть тѣмъ рѣзче, чѣмъ меньше затуханіе колебаній; при сильномъ декрементѣ колебаній настройка въ унисонъ отправительной и пріемной станціи бесполезна, такъ какъ усиленіе дѣйствія колебаній на пріемникъ въ этомъ случаѣ не наступаетъ. Для достиженія незатухающихъ колебаній въ послѣднее время были попытки примѣнить поюшую дугу, но главное затрудненіе—невозможность получить колебанія высокой частоты—до сихъ поръ не можетъ считаться преодоленнымъ, такъ какъ дуга съ углями можетъ давать колебанія только сравнительно небольшой частоты. При возрастаніи частоты характеристика поющей дуги приближается къ прямой, наклоненной подъ острымъ угломъ къ оси абсциссъ, и слѣдовательно  $\frac{de}{di}$  принимаетъ преимущественно положительные значенія, вслѣдствіе чего, какъ мы видѣли, колебанія не могутъ самостоятельно поддерживаться.

Такимъ образомъ до сихъ поръ единственнымъ средствомъ получить колебанія большой частоты является искровой колебательный разрядъ между металлическими электродами. Чѣмъ больше энергіи теряется въ искрѣ, тѣмъ больше становится затуханіе колебаній. Этотъ источникъ вредныхъ тратъ энергіи колебаній не можетъ быть устраненъ совершенно и можно только искать условія, при которыхъ поглошеніе энергіи въ искрѣ достигаетъ минимума. Въ послѣднее время цѣлый рядъ экспериментальныхъ изслѣдованій были посвящены этому вопросу, но теорія искры до сихъ поръ не получила достаточнаго развитія, при которомъ можно было бы предвидѣть явленія и имѣть руководящую нить для дальнѣйшаго изученія ихъ.

Искра въ цѣпи, въ которой происходитъ колебательный разрядъ, представляетъ изъ себя дугу между металлическими электродами. Это ясно изъ того, что амплитуда колебаній достигаетъ значительныхъ величинъ, а значительная сила тока при разрядѣ черезъ газы является специфической особенностью дуги. Вслѣдствіе этого теорія дуги переменнаго тока, распространенная на случай искрового разряда, должна дать ключъ къ теоретическому разсмотрѣнію вопроса. Въ предыдущей статьѣ были выведены формулы для напряженія въ дугѣ переменнаго тока. Подобныя формулы мы выведемъ ниже для случая колебательнаго разряда. Чтобы сравнить выводы теоріи съ результатами экспериментальныхъ изслѣдованій, намъ необходимо придать имъ такую форму, которая всего удобнѣе для этой цѣли. Эта форма будетъ придана имъ, если мы вычислимъ величину средняго сопротивленія искры, т. е. той величины, которая до сихъ поръ опредѣлялась опытнымъ путемъ. Среднее сопротивленіе искры—это сопротивленіе металлическаго проводника, который, будучи поставленъ вмѣсто искры, поглощаетъ то же количество энергіи. Если черезъ  $T$  мы обозначимъ полный періодъ колебанія, то уравненіе

$$\int_0^T ei dt = \int_0^T Ri^2 dt$$

дастъ намъ величину средняго сопротивленія искры  $R$ .

Обратимся теперь къ основнымъ уравненіямъ, выведеннымъ въ предыдущей статьѣ для двухъ предѣльныхъ случаевъ: для случая большихъ амплитудъ тока, когда величина  $wS$  велика по сравненію съ  $b$ , и для случая малыхъ амплитудъ, когда отношеніе этихъ величинъ обращается.

$$ei = \frac{a^2 i^2}{wS} \text{ и } wS + \lambda \frac{dS}{dt} = \frac{a^2 i^2}{wS} \quad (1)$$

$$ei = \frac{a^2 b i^2}{(wS)^2} \text{ и } wS + \lambda \frac{dS}{dt} = \frac{a^2 b i^2}{(wS)^2} \quad (2)$$

Эти уравненія позволяютъ, очевидно, вычислить величину  $ei$ , если извѣстенъ видъ функціи  $i$ . Раньше, имѣя дѣло съ дугой переменнаго тока, мы принимали, что сила тока измѣняется синусоидально; теперь необходимо принять во вниманіе убываніе амплитуды колебаній. Для простоты разчета мы примемъ, что сила тока измѣняется по слѣдующей, обычно принимаемой для затухающихъ колебаній, формулѣ

$$i = i_0 e^{-\delta t} \sin \omega t$$

гдѣ  $\delta$  опредѣляетъ величину затуханія колебаній. Подставивъ это выраженіе вмѣсто  $i$  въ уравненіе (1), мы можемъ написать его въ слѣдующемъ видѣ:

$$y + \frac{\lambda}{2w} \frac{dy}{dt} = a^2 i_0^2 e^{-2\delta t} \sin^2 \omega t \quad (3)$$

гдѣ  $y = (wS)^2$ .

Общій интегралъ этого уравненія напишется тогда слѣдующимъ образомъ:

$$y = Ce^{-\frac{2w}{\lambda} t} + e^{-2\delta t} \frac{a^2 i_0^2}{2 \left(1 - \frac{\lambda \delta}{w}\right)} \left\{ 1 - \sin \varphi \sin (2\omega t + \varphi) \right\} \quad (4)$$

Въ этой формулѣ для сокращенія письма введена новая постоянная  $\varphi$ , которая опредѣляется изъ уравненія

$$\tan \varphi = \frac{1 - \frac{\lambda \delta}{w}}{\frac{\omega \lambda}{w}}$$

а  $C$  есть произвольная постоянная.

Мы ограничимся разсмотрѣніемъ случая, когда непериодическій членъ интеграла убываетъ значительно быстрѣе, чѣмъ амплитуда колебаній, т. е. когда его уже въ самомъ началѣ колебаній можно считать равнымъ нулю. Это будетъ тогда когда  $\frac{w}{\lambda}$  настолько больше  $\delta$ , что можно принимать

$$\frac{\delta \lambda}{w} = 0.$$



Въ этомъ случаѣ, который мы имѣемъ на лицо при обыкновенныхъ частотахъ колебаній, интегралъ уравненія (3) можно написать въ значительно болѣе простомъ видѣ

$$y = \frac{a^2 i_0^2}{2} e^{-2\delta t} \{1 - \sin\varphi \sin(2\omega t + \varphi)\} \quad (4')$$

Точно такимъ же путемъ мы получаемъ для уравненія (2) рѣшеніе, если обозначимъ  $(wS)^3 = z$

$$z = \frac{a^2 i_0^2}{2} e^{-2\delta t} \{1 - \sin\psi \sin(2\omega t + \psi)\} \quad (5),$$

гдѣ постоянная  $\psi$  опредѣляется изъ уравненія

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{1 - \frac{2}{3} \frac{\lambda \delta}{w}}{\frac{2}{3} \frac{\omega \lambda}{w}}.$$

При помощи этихъ формулъ мы можемъ составить выраженіе для мощности колебаній въ обоихъ случаяхъ

$$1) \quad ei = \frac{\sqrt{2} \cdot a i_0 e^{-\delta t} \sin^2 \omega t}{[1 - \sin\varphi \sin(2\omega t + \varphi)]^{1/2}} \quad (6)$$

$$2) \quad ei = \frac{[2 a^2 b i_0^2]^{2/3} e^{-2/3 \delta t} \sin^2 \omega t}{[1 - \sin\psi \sin(2\omega t + \psi)]^{2/3}} \quad (6').$$

Для того, чтобы опредѣлить величину среднего сопротивления, необходимо вычислить величину интеграла  $\int_0^T e i dt$  для обоихъ случаевъ. Такъ какъ мощность есть величина существенно положительная, то изъ подъ интеграла можно вынести среднее значеніе показательной функціи.

Для перваго случая тогда получаемъ

$$\begin{aligned} & \int_0^T e i dt = \\ & = \sqrt{2} \cdot a i_0 e^{-\delta T_1} \cdot \int_0^T \frac{\sin 2\omega t dt}{[1 - \sin\varphi \sin(2\omega t + \varphi)]^{1/2}} \end{aligned}$$

При помощи соответственнаго преобразованія переменныхъ негрудно достигнуть, чтобы  $\omega$  явнымъ образомъ не входила въ подынтегральную функцію, т. е. чтобы интегралъ сталъ функціей одного  $\varphi$ .

Производя это преобразованіе мы въ конечномъ счетѣ получаемъ

$$\int_0^T e i dt = \frac{a i_0 e^{-\delta T_1}}{\omega} \cdot F_1(\varphi) \quad (7).$$

Въ  $F_1$  включены всѣ числовые коэффициенты, получающіеся послѣ указаннаго преобразованія. Точно также для втораго случая мы получаемъ

$$\int_0^T e i dt = \frac{[a^2 b i_0^2]^{2/3} e^{-2/3 \delta T_2}}{\omega} \cdot F_2(\psi).$$

Въ этихъ формулахъ  $T_1$  и  $T_2$  обозначаютъ величины, заключающіяся между 0 и  $T$ .

Такъ какъ интегралъ  $\int_0^T i^2 dt$  можно представить въ слѣдующемъ видѣ

$$\int_0^T i_0^2 e^{-2\delta t} \sin^2 \omega t dt = i_0^2 e^{-2\delta T_1} \cdot \frac{\pi}{\omega},$$

гдѣ  $T_1$  есть также величина, заключающаяся между 0 и  $T$ , то мы можемъ написать выраженіе для средняго сопротивления, которое было опредѣлено выше, какъ отношеніе двухъ интеграловъ

$$R = \frac{\int_0^T e i dt}{\int_0^T i^2 dt},$$

слѣдующимъ образомъ для обоихъ случаевъ

$$1) \quad R = \frac{a \cdot e^{\delta(2T_1 - T_1)}}{i_0 \cdot \pi} \cdot F_1(\varphi)$$

$$2) \quad R = \frac{[a^2 b]^{2/3} \cdot e^{\delta(2T_1 - 2/3 T_2)}}{i_0^{2/3} \cdot \pi} \cdot F_2(\psi).$$

Чтобы опредѣлить порядокъ величины  $i_0$  мы съ достаточной точностью можемъ положить

$$i_0 = V_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$$

гдѣ  $C$  и  $L$  емкость и самоиндукція цѣпи, а  $V_0$  начальное напряженіе на электродахъ. Подставляя это выраженіе для  $i_0$  въ вышеннаписанныя формулы, мы находимъ

$$1) \quad R = \frac{a}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot e^{\delta(2T_1 - T_1)} \cdot F_1(\varphi)$$

$$2) \quad R = \left[\frac{a^2 b}{V_0}\right]^{2/3} \cdot \left[\frac{L}{C}\right]^{2/3} \cdot e^{\delta(2T_1 - 2/3 T_2)} F_2(\psi).$$

Въ этихъ формулахъ числовые коэффициенты опять таки включены въ выраженія  $F_1$  и  $F_2$ . Полученныя формулы устанавливаютъ для обоихъ разсмотрѣнныхъ случаевъ зависимость средняго сопротивления искры отъ различныхъ постоянныхъ, характеризующихъ съ одной стороны цѣпь, въ которой происходятъ колебанія, съ другой—свойства самой искры. Что касается параметровъ, не поддающихся учету, т. е.  $\varphi$  и  $\psi$ , то относительно нихъ можно сказать въ силу допущенія, которымъ мы воспользовались для вывода формулъ, а именно  $\frac{\lambda \delta}{w} = 0$ , что они мало измѣняются при измѣненіи періода колебаній. Въ самомъ дѣлѣ, если  $\delta$  очень мало по сравненію съ  $\frac{w}{\lambda}$ , то и  $\omega = \frac{2\pi \delta}{\gamma}$ , гдѣ  $\gamma$  логарифмическій декрементъ колебаній, не можетъ быть велико по сравненію съ  $\frac{w}{\lambda}$ .

Вслѣдствіе этого  $\operatorname{tg}\varphi = \frac{w}{\lambda \omega}$  (такъ какъ  $\frac{\lambda \delta}{w} = 0$ ) представляетъ изъ себя большое число, т. е.

углы  $\varphi$  заключаются между  $45^\circ$  и  $90^\circ$ , а въ этой области даже значительныя измѣненія величины тангенсовъ мало вліяютъ на измѣненіе ихъ аргументовъ. Полагая такимъ образомъ, что углы  $\varphi$  и  $\psi$  имѣютъ значенія близкія къ  $90^\circ$ , мы можемъ считать, что они мало измѣняются при измѣненіи  $\omega$ ; вслѣдствіе чего и  $F_1$  и  $F_2$  должны мало вліять на величину средняго сопротивленія искры.

Зависимость сопротивленія  $R$  отъ другихъ параметровъ можетъ быть учтена болѣе точно. Выраженія, стоящія въ знаменателѣ показательной функціи, т. е.  $2T^1 - T_1$  и  $2T^1 - \frac{2}{3} T_2$  суть величины во всякомъ случаѣ положительныя, такъ какъ  $T^1$  не можетъ значительно уклоняться отъ  $T_1$  и  $T_2$ . Мы видимъ отсюда, что увеличивая какимъ либо образомъ затуханіе колебаній, т. е. величину  $\delta$ , напримѣръ, вводя въ цѣпь добавочное сопротивление, мы этимъ самымъ увеличиваемъ и сопротивленіе искры.

Чтобы выяснитъ зависимость сопротивленія отъ длины искрового промежутка при прочихъ равныхъ условіяхъ, мы должны принять во вниманіе, что какъ начальное напряженіе  $V_0$ , такъ и постоянныя  $a$  и  $b$  въ дугѣ возрастаютъ съ длиной искры. При этомъ  $V_0$  растетъ пропорціонально длинѣ, то есть можно принять, что  $V_2 = Kl$ , гдѣ  $l$  длина искры, а постоянныя  $a$  и  $b$  суть линейныя функціи  $l$ , т. е.  $a = a_0(1 + \alpha l)$  и  $b = b_0(1 + \beta l)$ . Эти зависимости даютъ для перваго случая сопротивленія  $R$  слѣдующую формулу

$$R = K_1 \frac{a_0(1 + \alpha l)}{l} = K_1 a_0 \left( \alpha + \frac{1}{l} \right).$$

При малыхъ длинахъ искры второй членъ въ скобкахъ имѣетъ большую величину, но при возрастаніи длины приближается къ нулю. Сопротивленіе искры имѣетъ при небольшихъ искровыхъ промежуткахъ, значительную величину; при возрастаніи же ихъ оно уменьшается приближаясь къ нѣкоторому конечному предѣлу.

Для втораго случая, т. е. для малыхъ амплитудъ тока, зависимость сопротивленія отъ длины искры выразится другой формулой

$$R = K_2 a_0 b_0 \left[ \frac{(1 + \alpha l)^2 \cdot (1 + \beta_0 l)}{l} \right]^{2/3} = \\ = K_2 a_0 b_0 \left[ (1 + \alpha l)^2 \left( \beta_0 + \frac{1}{l} \right) \right]^{2/3}.$$

При небольшихъ значеніяхъ  $l$  первый множитель въ большихъ скобкахъ мало отличается отъ единицы, за то второй принимаетъ большія значенія; при большихъ же значеніяхъ  $l$  первый множитель возрастаетъ, а второй убываетъ и приближается къ конечной величинѣ. Очевидно, что при нѣкоторомъ значеніи  $l$  сопротивленіе достигаетъ минимума, возрастая какъ въ сторону меньшихъ такъ и въ сторону большихъ длинъ искры. Длина искры, при которой сопротивленіе наименьшее, зависитъ отъ величинъ  $\alpha$  и  $\beta$ , то есть постоянныхъ, которые опредѣляютъ ростъ напряженія въ дугѣ при возрастаніи ея длины.

Эти постоянныя имѣютъ специфическія значенія для каждаго матеріала въ отдѣльности, и поэтому минимумъ сопротивленія искры долженъ получиться для различныхъ электродовъ при разныхъ длинахъ искры.

Что касается зависимости сопротивленія отъ емкости и самоиндукціи, то и здѣсь вышеприведенныя формулы даютъ намъ матеріалъ для опредѣленія ея вида. Мы видимъ, что во всякомъ случаѣ сопротивленіе уменьшается при возрастаніи емкости и возрастаетъ при увеличеніи самоиндукціи цѣпи, и кромѣ того сопротивленіе должно оставаться неизмѣннымъ, если отношеніе  $\frac{L}{C}$  остается неизмѣннымъ. Но въ то время какъ въ первомъ случаѣ, т. е. при большихъ амплитудахъ тока, сопротивленіе пропорціонально квадратному корню изъ этого отношенія, при меньшихъ амплитудахъ сопротивленіе пропорціонально нѣкоторой степени, которая колеблется между  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{2}{3}$ .

Кромѣ того, необходимо принять во вниманіе, что величины  $a$  и  $b$ , равно какъ и  $V_0$ , могутъ колебаться отъ различныхъ случайныхъ причинъ, какъ напримѣръ, нагрѣваніе электродовъ, загрязненія ихъ, освѣщеніе ультрафіолетовыми лучами и т. д.

Мы видимъ, что наши формулы даютъ достаточно матеріала для сравненія выводовъ теоріи съ экспериментально полученными результатами. Но при этомъ необходимо обратить вниманіе на одно существенное обстоятельство, которое затрудняетъ это сравненіе. Если нѣкоторые параметры и можно сохранять неизмѣнными при варьированіи остальныхъ, то затуханіе колебаній поддерживать неизмѣннымъ при измѣненіи сопротивленія искры уже весьма затруднительно. Поэтому экспериментальныя результаты даютъ намъ зависимости не въ чистомъ видѣ, такъ какъ рядомъ съ вліяніемъ различныхъ прочихъ факторовъ всегда имѣется и вліяніе декремента колебаній. Поэтому можно а priori ждать несогласія при сравненіи теоріи и опыта въ количественныхъ отношеніяхъ, но общій характеръ вышеприведенныхъ результатовъ мы должны найти и въ экспериментальныхъ выводахъ.

Мы приведемъ здѣсь выводы, къ которымъ пришелъ Ремппъ \*), авторъ самаго полнаго и систематическаго изслѣдованія надъ сопротивленіемъ искры, по возможности дословно, чтобы лучше судить о согласіи теоріи съ опытомъ:

«При возрастаніи длины искры среднее сопротивленіе ея въ началѣ убываетъ при прочихъ равныхъ условіяхъ и достигаетъ при 0,3 см. для малыхъ емкостей и приблизительно при 0,6 см. для емкостей 0,001—0,008 микрофарадъ—м и н и м у м а. При дальнѣйшемъ возрастаніи длины искры (до 5 см.) сопротивленіе почти пропорціонально длинѣ. Но при большихъ емкостяхъ среднее сопротивленіе растетъ такъ мед-

\*) Rempp. Ann. d. Phys. 1905, т. 17, стр. 655.

ленно, что даже при больших искровых промежутках увеличение его мало замѣтно.

«При увеличении емкости конденсаторовъ среднее сопротивление постоянно убываетъ, сначала довольно быстро, но чѣмъ дальше, тѣмъ медленнѣе. Возрастаніе сопротивления искры при увеличении длины послѣдней при малыхъ емкостяхъ происходитъ значительно быстрѣе, чѣмъ при большихъ.

«При возрастаніи коэффициента самоиндукціи  $L$  среднее сопротивление искры растетъ приблизительно пропорціонально корню квадратному изъ  $L$ .

«Если въ цѣпь ввести добавочное сопротивление  $w_1$ , то общее сопротивление въ цѣпи возрастаетъ значительно болѣе, чѣмъ на  $w_1$ . Одновременно, стало быть, возрастаетъ и сопротивление искры».

Мы не станемъ останавливаться на частностяхъ, въ которыхъ замѣтно отчасти согласіе, отчасти же несогласіе съ теоріей. Мы видимъ, что въ существенныхъ частяхъ опытъ даетъ тѣ же результаты, которые мы нашли, изслѣдуя наши формулы, выражающія сопротивление искры въ зависимости отъ различныхъ факторовъ. Это согласіе выводовъ теоріи съ опытными данными еще разъ подтверждаетъ, что если теорія дуги переменнаго тока, изложенная выше, и представляетъ изъ себя первое приближеніе къ истинѣ, то все же она можетъ дать руководящую нить при изслѣдованіи вопросовъ, связанныхъ съ явленіемъ дуги переменнаго тока.

*Д. Рожанскій.*

## Новое теченіе въ построеніи машинъ постоянного тока.

*Статья I. Троицаго.*

*(Окончаніе) \*).*

Въ самое послѣднее время \*\*) Гобартомъ былъ предложенъ еще болѣе простой методъ для нахождения величины  $E_r$ , годящійся для всѣхъ машинъ, имѣющихъ, какъ это и бываетъ въ большинствѣ случаевъ, по одному обороту обмотки на пластину коллектора.

На діаграммѣ фиг. 4 изображена кривая, выражающая зависимость нѣкотораго коэффициента  $K$  отъ величины  $\frac{\lambda_g}{\tau}$ , гдѣ  $\lambda_g$  длина сердечника якоря, а  $\tau$  шагъ полюса или  $\frac{\pi D}{P}$ , гдѣ  $P$  число полюсовъ.

Найдя этотъ коэффициентъ, который въ приближенныхъ расчетахъ можетъ быть принятъ 0,4, мы находимъ искомое напряженіе  $E_r$  по формулѣ.

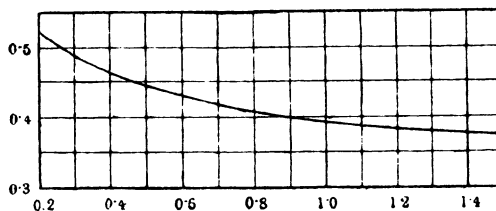
$$E_r = K \frac{I}{p} \lambda_g m n \cdot 10^{-8},$$

гдѣ  $m$  число всѣхъ проводниковъ на поверхности якоря, а  $I$ —сила тока.

Такъ, напримѣръ, для шестиполусной динамомашины въ 250 квт. и 550 вт., имѣющей 1200 проволокъ въ обмоткѣ якоря и дѣлающей 320 оборотовъ

$$E_r = 0,4 \cdot \frac{455}{6} \cdot 31 \cdot 320 \cdot 1200 \cdot 10^{-8} = 3,6 \text{ вольтъ.}$$

Правило это даетъ лучшіе результаты въ большихъ машинахъ.



Фиг. 4.

Возвращаясь къ расчету вспомогательныхъ полюсовъ, обозначимъ индукцію въ нихъ буквою  $B_c$ ; тогда индуктированная въ короткозамкнутомъ проводникѣ, активная длина котораго  $l$ , электродвижущая сила  $E_k$  будетъ равна

$$E_k = m_s B_c l v \cdot 10^{-8}.$$

По условію эта электродвижущая сила должна быть равна и противоположна  $E_r$ , т. е. мы можемъ на основаніи формулы Гобарта положить

$$8 m_s l' A S v \cdot 10^{-8} = m_s B_c l v \cdot 10^{-8},$$

откуда

$$B_c = 8 \frac{l'}{l} A S,$$

а число потребныхъ ампервитковъ будетъ

$$A W_{k1} = 0,7 \delta B_c = 6,5 \frac{l'}{l} A S \cdot \delta.$$

Здѣсь величина  $l'$  обыкновенно бываетъ на 10—30% больше  $l$ . Беря среднее значеніе для отношенія  $\frac{l'}{l} = 1,2$  найдемъ, что

$$A W_{k1} = 8 \delta A S.$$

Вышеуказаннымъ выраженіемъ Гобарта отнюдь не исчерпывается вся электродвижущая сила самоиндукціи. Часть магнитнаго потока, образующагося вокругъ короткозамкнутой секціи, замыкается черезъ полюсь.

Величина этого потока  $N_k$  выразится

$$N_k = \frac{0,4 \pi \frac{m s i}{4}}{2 \delta l \cdot b_c},$$

гдѣ  $b_c$  — длина дуги вспомогательнаго полюса. Время коммутаціи  $T$  по предыдущему

$$T = \frac{m_s}{2 m} \cdot \frac{60}{n} \text{ при } a=1.$$

Отсюда по формулѣ

$$e'_k = 2 \frac{N_k}{T} \cdot \frac{m_s}{2},$$

имѣемъ

$$e'_k = 0,4 \pi m_s \frac{m i}{2} \cdot \frac{l b_c}{2 \delta} \cdot \frac{n}{60}.$$

Съ другой стороны мы имѣемъ

$$e'_k = m_s B'_c l v, \text{ но } v = \frac{\pi d n}{60}, \text{ а } B'_c = \frac{4 \pi}{10} A W'_k \frac{I}{2 \delta}.$$

\*) См. «Электричество», № 19.

\*\*) The Electrician, 20 Avril 1906.

Подставляя это значение  $v$  и приравнявая  $e'_k = e'_r$ , можем написать

$$\frac{4\pi}{10} m_s AW'_k \frac{l}{2\delta} d\pi \frac{n}{60} = \frac{4\pi}{10} m_s \frac{mi}{2} \cdot \frac{l}{2\delta} b_c \frac{n}{60}$$

откуда послѣ сокращеній находимъ

$$AW_{k_2} = \frac{mi}{2d\pi} b_c \text{ или } AW_{k_2} = \frac{1}{2} AS \cdot b_c.$$

Изъ этого слѣдуетъ, что для уменьшенія числа потребныхъ ампервитковъ, необходимо величину  $b_c$  или толщину полюса дѣлать возможно меньшей.

Такимъ образомъ число ампервитковъ, необходимыхъ для возбужденія электродвижущей силы  $E_k$ , выразится

$$AW_k = AW_{k_1} + AW_{k_2} = 8 AS\delta + 0,5 ASb_c = (8\delta + 0,5 b_c) AS.$$

Къ этому, конечно, слѣдуетъ присоединить ампервитки, необходимые для компенсированія реакціи якоря. Считая, что часть полюсъ, расположенныхъ внѣ полюсныхъ надставокъ, занимаетъ собою уголъ  $2\beta$ , найдемъ, что число ампервитковъ, дающихъ поперечное магнитное поле, будетъ

$$AW = \frac{2\beta}{2\pi} \pi d \cdot AS = \beta d \cdot AS,$$

а на 1 полюсъ придется

$$\frac{\beta}{2} d \cdot AS.$$

Суммируя всѣ эти величины, мы получимъ, что потребное въ окончательномъ результатѣ число будетъ

$$AW_t = \frac{\beta}{2} d \cdot AS + (8\delta + 0,5 b_c) AS = \left(\frac{\beta}{2} d + 8\delta + 0,5 b_c\right) AS.$$

Полученное число ампервитковъ должно быть не менѣе чѣмъ на 20% больше, чѣмъ число ампервитковъ якоря.

Все предыдущее заключало въ себѣ предположеніе, что токъ измѣняется въ короткозамкнутой секціи линейнымъ образомъ, т. е. что плотность тока подъ щеткой величина постоянная. Если это не имѣетъ мѣста, то являются и побочныя обстоятельства \*). На фиг. 5 изображена щетка, покрывающая 4 сегмента. Обозначая токъ якоря по прежнему буквой  $J$ , а токи протекающіе черезъ сегменты I, II, III, IV черезъ  $J_1, J_2, J_3, J_4$ , имѣемъ, что токъ въ секціи

$$\begin{aligned} \text{(I, II)} \quad J' &= J - J_1 \\ \text{(II, III)} \quad J'' &= J' - J_2 = J - (J_1 + J_2) \\ \text{(III, IV)} \quad J''' &= J'' - J_3 = J - (J_1 + J_2 + J_3) \\ \text{(IV, V)} \quad J'''' &= J''' - J_4 = J - (J_1 + J_2 + J_3 + J_4). \end{aligned}$$

Но ясно, что

$$J'''' = -J \text{ и } J_1 + J_2 + J_3 + J_4 = 2J.$$

Считая, что каждая секція состоитъ изъ одного витка, находимъ, что число ампервитковъ коротко замкнутыхъ секцій (I—II), (II—III) и (III—IV) будетъ

$$AW = J' + J'' + J''' = 3J - (3J_1 + 2J_2 + J_3).$$

Если плотность тока одинакова на всей поверхности щетки, то

$$J_1 = J_2 = J_3 = \frac{2J}{4} = \frac{J}{2},$$

$$AW = 3J - \left(\frac{2J}{2} + 2 \frac{J}{2} + \frac{J}{2}\right) = 0,$$

т. е. въ этомъ случаѣ короткозамкнутыя секціи не

\*) Gm. Steinmetz. Transactions of American Institute of Electrical Engineers. Vol XXI, s. 61—126.

оказываютъ никакого вліянія на поле якоря. Въ противномъ же случаѣ, подставляя вмѣсто

$$2J - J_1 + J_2 + J_3 + J_4$$

найдемъ

$$AW = \frac{3}{2}(J_{IV} - J_I) + \frac{1}{2}(J_{II} - J_{III}).$$

Какъ читатель помнитъ изъ предыдущаго, при неравномѣрномъ распредѣленіи тока появляется напряжение  $E_f$ , выражающееся

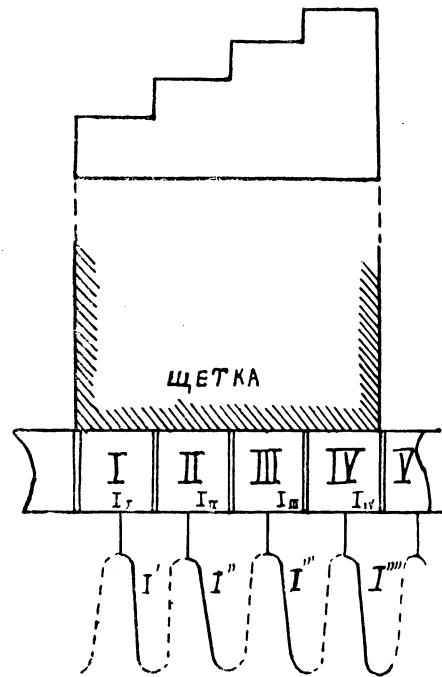
$$E_f = W \cdot F \cdot (J_{III} - J_{II}),$$

гдѣ  $W$  удѣльное сопротивление щетки,  $F$  ея площадь. Полагая, что приращеніе плотности съ каждымъ сегментомъ одинаково, имѣемъ

$$J_{IV} - J_I = 3(J_{III} - J_{II}),$$

откуда

$$AW = \frac{9}{2}(J_{III} + J_{II}) + (J_{III} - J_{II}) = \frac{5}{4} \cdot \frac{E_f}{W} = 1,25 \frac{E_f}{W}.$$



Фиг. 5.

При другомъ расположеніи, нежели показанное на фиг. 5, величина  $AW$  выходитъ въ среднемъ на 8—10% выше, такъ что въ результатѣ мы примемъ, что реакція отъ неравномѣрности тока на щеткѣ выражается

$$= 1,35 \frac{E_f}{W}.$$

Когда щетка покрываетъ  $n$  сегментовъ, а каждая секція состоитъ изъ  $z$  витковъ, то вводя коэффициентъ, полученный изъ точныхъ подсчетовъ, будемъ имѣть

$$AW = 0,083 n^2 \frac{E_f z}{W}.$$

Величина эта не можетъ быть пренебрегаема. Такъ, напримѣръ, при  $E_f = 2,5$  вольтъ и щеткѣ, покрывающей 3,5 сегмента у двигателя съ однимъ виткомъ обмотки на сегментъ и удѣльнымъ сопротив-

ление  $W=0,006$  омъ, реакція коммутирующей секціи достигала

$$0,083 \cdot 3,5^2 \frac{2,0}{0,06} = 420 \text{ ампервитковъ.}$$

Выше при помощи расчета была найдена потребная плотность  $B$  магнитнаго поля вспомогательныхъ полюсовъ. Эту плотность можно опредѣлить и графически, исходя изъ того распредѣленія магнитнаго потока, которое у насъ имѣется и того, которое мы хотимъ получить, положимъ распредѣленіе, изображаемое нѣкоторой кривой  $I$ . Если  $A$  есть кривая магнитнаго поля главныхъ полюсовъ,  $B$  кривая поперечнаго поля якоря,  $C$  кривая, изображающая магнитное поле самоиндукціи, а  $II$  кривая результирующая всѣхъ эти поля, то ясно, что распредѣленіе напряженія магнитнаго поля вспомогательнаго полюса получится, если мы изъ магнитнаго потока  $II$  вычтемъ потокъ  $I$ . Полученныя ординаты дадутъ намъ кривую, по средней линіи которой можно заключить о потребной плотности потока  $B$  и о потребномъ числѣ ампервитковъ. вмѣстѣ съ тѣмъ, мы увидимъ изъ нея, что для достиженія искомой формы магнитнаго поля придется полюса устраивать такъ, какъ, напримѣръ, указано на фиг. 6.



Фиг. 6.

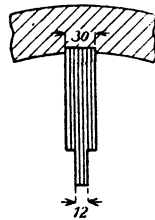
Эта форма предложена д-ромъ Полемъ \*). Вслѣдствіе того, что напряженіе поля здѣсь сохраняетъ на значительномъ разстояніи постоянную величину, представляется возможнымъ въ значительныхъ предѣлахъ варіировать положеніе щетокъ, не измѣняя условий совершенной коммутации, благодаря чему можно точнѣе регулировать напряженіе динамо и число оборотовъ двигателя. Кромѣ того, вслѣдствіе расширенія коммутационной зоны, можно увеличить ширину щетокъ, уменьшивъ размѣры коллектора. Въ электрическомъ отношеніи такое увеличеніе числа перекрытыхъ сегментовъ коллектора имѣетъ то слѣдствіе, что такъ какъ множитель  $L+\Sigma M$  увеличивается значительно медленнѣе  $T$ , то слѣдовательно и электродвижущая сила самоиндукціи уменьшается и требуетъ для компенсированія меньше ампервитковъ.

Послѣ того, какъ вычислено потребное число ампервитковъ, надо считать опредѣленными всѣ размѣры полюсовъ, такъ какъ шириною  $b$  и осевой длиной  $l$  мы задались заранѣе. Что касается выбора этихъ величинъ, то прежде всего замѣтимъ, что произведеіе ихъ  $0,8 bcl$ , или площадь полюса за вычетомъ изоляціи, должна быть выбрана такъ, чтобы вспомогательные полюса были насыщены весьма слабо. Необходимость этого слѣдуетъ изъ того соображенія, что по формулѣ  $(L+\Sigma M) \frac{2ia}{T}$  электродвижущая сила  $E_k$  растеть пропорціонально току якоря  $ia$ .

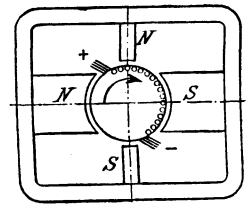
Слѣдовательно и магнитный потокъ ее индуктирующий долженъ тоже измѣняться пропорціонально току, его возбуждающему, а это возможно лишь при слабой степени намагниченія, когда такъ называемая кривая Гопкинсона, не достигая пергиба, еще приблизительно совпадаетъ съ прямой линіей. Само собой разумѣется, что при значительныхъ колебаніяхъ нагрузки кривая эта не совпадаетъ съ прямой, оказываясь ниже ея, а значитъ и даваемый магнитный потокъ оказывается ниже ея, въ виду чего число ампервитковъ полюса лучше увеличивать на 15—20%.

Что касается ширины полюса  $b_c$ , то какъ выше было сказано, ее желательнѣе дѣлать возможно меньше. Это важно еще для уменьшенія утечки изъ вспомогательныхъ полюсовъ въ главные. Большинство конструкторовъ во главѣ съ проф. Арнольдомъ и Бреслауэромъ совѣтуютъ дѣлать толщину полюса равной толщинѣ зубца + ширина впадины.

Бреслауэръ пробовалъ употреблять полюса тонкіе, имѣющіе форму, изображенную на фиг. 7 и имѣвшіе въ толщину всего 12 мм. Во всѣхъ другихъ отношеніяхъ они оказались вполне удовлетворительными, но только одно любопытное явленіе было замѣчено. Оказывалось, что при опредѣленномъ, относительно небольшомъ, числѣ оборотовъ, были замѣчены чрезвычайно сильныя колебанія силы тока. Стрѣлка амперметра совершала рѣзкія качанія по всей скалѣ то въ ту, то въ другую сторону, причемъ на коллекторѣ искръ не замѣчалось. Такія же колебанія и того же такта имѣли мѣсто и въ шунтовой обмоткѣ. Явленіе это происходило, насколько можно было замѣтить, при одномъ и томъ же числѣ оборотовъ и исчезало при увеличеніи скорости вращенія. При этомъ замѣчался даже на глазъ изгибъ полюса попеременно въ ту или другую сторону. Причиной изгиба полюсовъ служило, конечно, то обстоятельство, что при незначительной толщинѣ полюса магнитный потокъ замыкался то черезъ зубецъ, то черезъ впадину, причемъ въ первомъ случаѣ магнитное сопротивление сильно падало. Вслѣдствіе этого, при вращеніи полюсъ то оттягивался уходящимъ зубцомъ, то притягивался надвигающимся.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

То обстоятельство, что этотъ фактъ наблюдался только при опредѣленномъ числѣ оборотовъ, легко объясняется Бреслауэромъ явленіями резонанса.

Спеціально изслѣдованіемъ этихъ интересныхъ колебательныхъ явленій занялся инж. Зибертъ \*). Онъ констатировалъ тотъ фактъ, что явленія эти не наступали ни при нагрузкѣ, ни при холостомъ ходѣ, когда щетки находились на нейтральной линіи или были сдвинуты въ сторону вращенія. Они появлялись только тогда, когда щетки сдвинуты были въ обратную сторону. Затѣмъ, чѣмъ сильнѣе онѣ были сдвинуты и чѣмъ больше была сила тока, тѣмъ при меньшей скорости наступали колебанія силы тока. Такъ въ одномъ изъ опытовъ Зиберта, когда щетки были сдвинуты на  $1\frac{1}{2}$  сегмента назадъ, то резонансъ наступалъ при 850 оборотахъ, а когда на 3 сегмента, то при 670. При не возбужденныхъ вспомогательныхъ полюсахъ явленія не наступало. Зибертъ даетъ слѣдующее объясненіе. Если щетки сдвинуты назадъ (фиг. 8), то на проволоки якоря, заключенныя между двумя полюсами, дѣйствуютъ и главный и вспомогательный полюса противоположной полярности. Возбужденны въ обмоткѣ электродвижущія силы оказываются частью взаимно противоположны, уничтожаются и выходятъ такъ, какъ будто бы главное поле было бы ослаблено. Вслѣдствіе этого ослабленія главнаго потока, скорость двигателя увеличивается

\*) См. Ueber Kommutierungsmagnete für Gleichstrommaschinen von Dr.-Ing. Robert Pohl. E. T. Z, 1903, s. 509.

\*) См. его статью: Pendelerscheinungen an Gleichstrommaschinen mit Hilfspolen. E. T. Z. 1906. Heft 22 S. 523—524.

ся, и это увеличение скорости якоря и связанных с ним масс вызывает возрастание силы тока, благодаря чему еще больше ослабляется поток главных полюсов, возрастает скорость и увеличивается сила тока и т. д. При большой силе главного поля, сила тока достигает через несколько секунд своей наибольшей величины и при отсутствии дальнейшего ускорения, сила тока и действие вспомогательных полюсов начинает уменьшаться, а главный поток увеличивается. Вследствие этого, возрастает противуэлектродвижущая сила якоря, двигатель начинает работать в качестве генератора и тормозится. Тогда скорость якоря уменьшается, и все повторяется снова. Факторы, определяющие колебательные явления суть:

1. Сдвиг щеток в обратную движению сторону.
2. Отношение напряжений главного и вспомогательного полей.
3. Сопротивление и самоиндукция обмотки якоря и вспомогательных полюсов.
4. Момент инерции якоря и связанных с ним масс.

Что касается материала для вспомогательных полюсов, то для этого можно употреблять обыкновенное листовое железо с той только разницей, что листы располагать необходимо параллельно оси, чтобы ослабить утечку и короткое замыкание магнитного потока.

Нам остается еще сказать несколько слов о том, какое влияние окажет применение вспомогательных полюсов в широких размерах на построение динамо и двигателей.

Еще недавно, год-два назад, вспомогательные полюса ставились лишь там, где они были рѣшительно необходимы, где без них нельзя было обойтись, т. е. в турбо-динамо, электродвигателях с центробежным насосом, словом машин с чрезвычайно большим числом оборотов. Очень часто бывало и так, что машина строилась как обыкновенно, и лишь тогда, когда коммутация оказывалась из рук вонь плоха, приделывали вспомогательный полюс. Таким образом самая конструкция машин во всех остальных деталях отнюдь не согласовывалась, не приравнивалась к этому нововведению, и выгоды, от него получаемая, ограничивались специальной узкой отраслью—уничтожением искры. И только в самое последнее время поняли, насколько изменяются, благодаря употреблению искусственной коммутации, все те правила, которыми руководствовались конструкторы.

Прежде всего, в последние годы для улучшения коммутации вошло в правило выбирать очень сильные магнитные потоки, и в особенности высоко выбирали магнитную индукцию в зубцах, с той целью, чтобы уменьшить искажение поля. Все это вело к тому, что перерасходовалось большое количество меди на обмотку катушек полюсов. При вспомогательных полюсах это оказывается ненужным, можно выбирать гораздо меньшее число магнитных линий в главных полюсах и соответственно этому большее число проволок в арматурѣ. Затѣм слѣдуют важныя перемѣны в той детали, которая составляет значительную часть стоимости машины, это коллекторъ. Его можно будет дѣлать гораздо короче, так как известно, что нагревание его зависит главным образом от условий коммутации. Точно также на цѣну машины большое влияние оказывает и число пластин коллектора, которое в послѣдних машинах выбиралось большим для того, чтобы машины, практически говоря, могли бы работать без сдвига щеток. Теперь же можно будет число это уменьшить, благодаря чему понизится несколько стоимость машины, а главное коллекторъ будет болѣе проченъ, так как в послѣднее время приходилось при томъ большомъ числѣ пластинъ, ослабленных еще слоями изоляціи, сводить запас прочности коллектора до минимума.

Далѣе можно будет не стѣсняться условиями коммутации при выборѣ числа полюсовъ, что особенно важно для фирмъ работающих на вывозъ, так как известно, что вѣсъ машины можетъ быть значительно уменьшенъ увеличеніемъ числа полюсовъ, благодаря чему уменьшатся и расходы на перевозку и пошлину.

Если мы взглянемъ на современную динамомашину, особенно такую, которая спроектирована такъ, чтобы достигнуть меньшаго расхода меди, и с длинными полюсами с целью достигнуть большей поверхности охлаждения, то мы сразу замѣтимъ, какія большія разстоянія между полюсами машины остаются пустыми. Коэффициентъ использования объема такой машины едва-едва достигаетъ одной трети.

При устройствѣ же вспомогательныхъ полюсовъ, какъ уже выше было сказано, количество меди благодаря малому насыщению, малой магнитной индукции, которая можетъ быть допущена в полюсахъ, гораздо меньше, полюса могутъ быть сдѣланы болѣе короткими, отчего сокращается и размѣръ станины, и кромѣ того пространство между главными полюсами заполняется вспомогательными, чѣмъ коэффициентъ использования объема повышается.

Что касается экономической стороны дѣла, то замѣтимъ, что меди на вспомогательные полюса пойдетъ едва ли меньше чѣмъ  $\frac{2}{3}$  меди в якорѣ, что вмѣстѣ съ работой составляетъ около  $12\%$  стоимости машины. Но этотъ перерасходъ покрывается сбереженіемъ в меди на обмотки главныхъ полюсовъ.

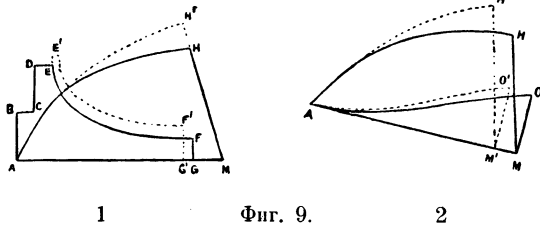
Переходя къ коэффициенту полезнаго дѣйствія, понятно, что в тѣхъ машинахъ, гдѣ вспомогательные полюса не стоятъ в связи со всей конструкціей, отдача ихъ не изменяется при добавленіи добавочныхъ полюсовъ, и, пожалуй, даже нѣсколько падаетъ, такъ какъ часть энергіи идетъ на нагреваніе ихъ обмотки. Если же конструкція машины согласована во всехъ деталяхъ и приоровлена къ описываемому нововведению, то это отразится на коэффициентѣ полезнаго дѣйствія. Именно, благодаря увеличенію числа проволокъ в якорѣ, потери в немъ немного увеличатся, потери в желѣзѣ и потери на возбужденіе уменьшатся, такъ что в общемъ при полной нагрузкѣ, коэффициентъ полезнаго дѣйствія если и увеличится, то немного. Но кривая измѣненія этого коэффициента будетъ имѣть другой характеръ, такъ какъ при вспомогательныхъ полюсахъ уменьшаются какъ разъ те потери, которые отъ нагрузки не зависятъ, и обратно. Вслѣдствіе этого, в особенности когда машина имѣетъ еще шариковые подшипники, коэффициентъ полезнаго дѣйствія при нагрузкахъ неполныхъ оказывается уже гораздо выше у машинъ со вспомогательными полюсами. Разница эта можетъ быть значительна, и, напримѣръ, двигатель, имѣвшій при  $\frac{1}{4}$  нагрузки  $\eta=60\%$ , будучи спроектированъ со вспомогательными полюсами, имѣлъ  $\eta=75\%$ .

Что касается перегрузки, то границы ея определяются только тѣмъ, что при увеличеніи силы тока наступаетъ насыщеніе полюсовъ и они не в состояніи уже доставлять потребнаго числа линий силъ, пропорціонально току, такъ что коммутация дѣлается несовершенной (Unterkommutierung). По опытамъ Поля съ машиной в 35 квт. это не наступало при тройной перегрузкѣ. По даннымъ же Бреслауэра искрообразования не наступало и при силѣ тока в 3,5 раза выше нормальнаго. Отсюда можно вывести, что машины, снабженныя вспомогательными полюсами, должны безъ затрудненія переносить нагрузку в  $2-2\frac{1}{2}$  раза выше нормальной, какъ то и имѣетъ мѣсто в трехфазныхъ двигателяхъ.

Точно также при совершенной коммутации мы свободно можемъ распоряжаться числомъ оборотовъ. Бреслауэръ увеличивалъ число оборотовъ двигателя съ 500 до 1800, то есть, в 3,6 раза, и дальнѣйшее увеличеніе затруднялось чисто механическими при-

чинами, именно тѣмъ, что якорь былъ недостаточпо выбалансированъ.

Намъ остается только указать, на какихъ типахъ машинъ введение вспомогательныхъ полюсовъ отразится особенно сильно. При этомъ на первомъ мѣстѣ будутъ, конечно, тѣ машины, гдѣ способность къ перегрузкѣ и измѣненію числа оборотовъ приобретаетъ особенное значеніе, именно трамвайные и крановые

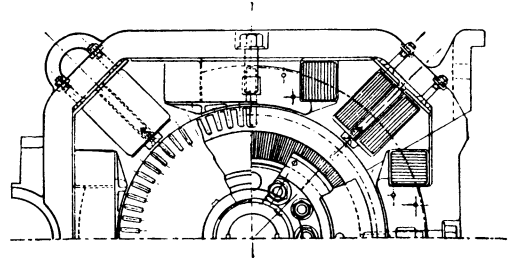
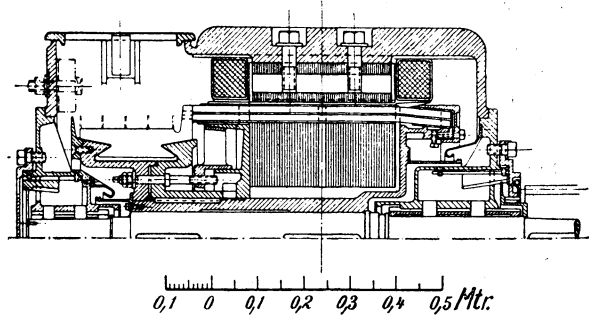


двигатели. Опыты въ этомъ направленіи, произведенные электротехнической компаніей въ Байоннѣ \*), показали, что трамвайные двигатели со вспомогательными полюсами представляютъ значительныя выгоды вслѣдствіе вышеописанныхъ особенностей. Къ этому присоединяется еще то чрезвычайно важное обстоятельство, что машины со вспомогательными

Какъ на примѣрѣ конструктивнаго выполненія трамвайнаго двигателя мы можемъ указать на двигатель, построенный Эрликовскимъ заводомъ (для большихъ желѣзнодорожныхъ линій), изображенный на фиг. 10 \*); мощность его—200 PS при 700—800 влт. напряженія и 400 оборотовъ въ минуту. Обмотка его состоитъ изъ 518 мѣдныхъ полюсовъ. Число пластинъ коллектора 259, т. е. очень большое, что не вполне соответствуетъ вышеприведеннымъ соображеніямъ и объясняется тѣмъ, что двигатель проектировался года два тому назадъ. Примѣненіе вспомогательныхъ полюсовъ позволяетъ измѣнять число оборотовъ отъ 400 до 1000. При силѣ тока въ 300 амперъ двигатель работаетъ при всѣхъ напряженіяхъ до 800 вольтъ и до 1000 оборотовъ безъ искръ. Всѣ его 3500 килограммъ.

Регулированіе скорости достигается тѣмъ, что измѣняютъ, включая или выключая, число катушекъ на главныхъ полюсахъ. На фиг. 11 изображены кривыя скоростей и коэффициентовъ полезнаго дѣйствія для разнаго числа катушекъ, соответствующаго указателю на буквахъ  $n$  и  $\eta$ . Какъ видно отсюда, отдача остается равной 90% въ очень широкихъ предѣлахъ до  $1/4$  нагрузки.

Далѣе введеніе вспомогательныхъ полюсовъ въ сильной степени отразится на машинахъ для электролиза. Машины эти, развивая большія силы тока, работаютъ при очень низкихъ напряженіяхъ, такъ



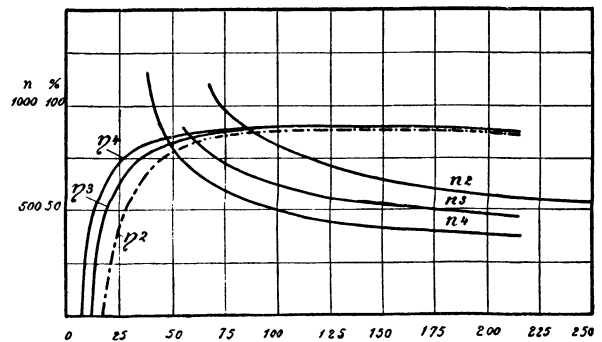
Фиг. 10.

полюсами могутъ быть построены на напряженіе до 2000 влт., во то время, какъ до сихъ поръ напряженіе машинъ постояннаго тока не превышало 700 вольтъ, если не считать не получившей большого распространения системы Тюри. Такое повышеніе напряженія открываетъ постоянному току новыя области, въ особенности въ дѣлѣ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ. Важное преимущество новыхъ двигателей для трамваевъ заключается въ ихъ относительно меньшихъ размѣрахъ и въ большемъ вращающемъ моментѣ, приходящемся на единицу вѣса. Мы считаемъ лишнимъ привезти здѣсь діаграммы, представляющіе результаты сравнительныхъ испытаній двигателей обѣихъ системъ, причемъ сплошныя линіи относятся къ двигателямъ обыкновеннымъ, а пунктирныя къ двигателямъ съ вспомогательными полюсами.

Кривая 1 фиг. 9 представляетъ собою кривую скорости и показываетъ, что возможно достигнуть при томъ же числѣ амперъ большихъ скоростей и большихъ вращающихъ моментовъ. Кривая 2 показываетъ, что при равныхъ условіяхъ разстояніе МО было покрыто обыкновеннымъ двигателемъ во время АМ и двигателемъ со вспомогательными полюсами въ АМ'.

Возможность варіировать магнитный потокъ двигателя приводитъ къ тому, что гораздо меньше энергіи теряется въ сопротивленіяхъ регуляторовъ.

что число полюсовъ приходится выбирать очень большимъ. Иногда даже для того, чтобы плотность тока въ якорѣ не превосходила положеннаго предѣла, необходимо бываетъ число оборотовъ брать такъ



Фиг. 11.

же очень низкимъ. Благодаря этому, выходятъ очень дорога машины.

Точно также во многихъ городахъ отдѣльные

\*) См. Street Railway Journal; The Electrical Review, 25 Mai 1906.

\*) Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift, 23, IX, 1905.

электродвигатели часто приключаются къ трамвайной сѣти, гдѣ колебанія напряженія достигаютъ 40%; благодаря этому, сильно мѣняется также и число оборотовъ электродвигателей. Для предупрежденія этого приходится дѣлать слабыя магнитныя поля, что не удорожаетъ двигателя только тогда, когда имѣются вспомогательныя полюса.

Въ предыдущихъ строкахъ мы только вкратцѣ коснулись тѣхъ областей, гдѣ введеніе вспомогательныхъ полюсовъ является панацеей противъ существующихъ неудобствъ. Но эти области суть только частные случаи той широкой сферы примѣненія, которое найдутъ себѣ вспомогательныя полюса. Благодаря этому нововведенію, мы избавляемся отъ массы искусственно созданныхъ и другъ на друга нагромождающихся, часто противорѣчащихъ условий, между которыми долженъ былъ колебаться конструкторъ, идя на тотъ или другой технической компромиссъ. Въсто многочисленныхъ осложненій конструкции, которыя должны были косвенно облегчать коммутацию тока, мы идемъ теперь естественнымъ и прямымъ путемъ къ этой цѣли. И если, какъ мы уже сказали въ началѣ этой статьи, до сихъ поръ границей для уменьшенія размѣровъ и увеличенію нагрузки служили какъ условия коммутации, такъ и нагружанія машины, то, конечно, съ введеніемъ вспомогательныхъ полюсовъ, мы получаемъ въ двигателѣ постояннаго тока машину почти идеальной эластичности.

*И. Троицкій.*

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

**Электропроводимость растворовъ въ жидкомъ іодѣ.** Электропроводимость растворовъ электролитовъ въ растворителяхъ-элементахъ изучена еще очень мало; сюда относятся только изслѣдованія г. Плотникова, о которыхъ въ свое время было сообщено въ нашемъ журналѣ („Электричество“ 1905 г. 77 стр.), Поэтому мы считаемъ нелишнимъ ознакомить вкратцѣ читателей съ новой работой американскихъ химиковъ Дж. Льюиса и Ундера надъ электропроводимостью растворовъ въ жидкомъ іодѣ. Изслѣдованы были растворы іодистаго калия при температурахъ 120°, 140° и 150°. Температурный коэффициентъ электропроводимости для разбавленныхъ растворовъ оказывается сильно отрицательнымъ; по мѣрѣ увеличенія концентрации абсолютная величина коэффициента уменьшается, для растворовъ крѣпости около 3% становится равной нулю, а при дальнѣйшемъ повышеніи концентрации температурный коэффициентъ получаетъ положительныя величины. Что касается зависимости самой электропроводимости отъ концентрации, то для растворовъ крѣпости около 5% наблюдается максимумъ молекулярной проводимости, достигающей проводимости наилучше проводящихъ водныхъ растворовъ; какъ уменьшеніе, такъ и увеличеніе концентрации сопровождается паденіемъ молекулярной электропроводимости, притомъ уменьшеніе—значительно болѣе рѣзкимъ, чѣмъ увеличеніе. Авторы изслѣдовали также электропроводимость самого іода въ жидкомъ состояніи. Такъ какъ іодъ, повидому, въ нѣкоторой степени дѣйствуетъ на стекло и платину, то авторы работали съ сосудомъ изъ кварца. Тогда какъ по наблюденіямъ Плотникова бромъ не обнаруживаетъ рѣшительно никакой электропроводимости, жидкій іодъ показываетъ удѣльную проводимость около  $3.10^{-5}$ , причемъ величина эта не измѣняется послѣ двукратнаго сублимированія іода въ кварцевомъ сосудѣ (какъ извѣстно, почти такой же электропроводимости —  $3.84.10^{-5}$  — обладаетъ, по измѣреніямъ Кольрауна и Гейдвиллера, наиболѣе чистая вода при 18°). Очень интересное и загадочное явленіе обнаруживается при храненіи такого очищеннаго іода въ термостатѣ: электропрово-

димостъ его уменьшается; такъ какъ при храненіи можно допустить лишь загрязненіе продукта, а всякія примѣси увеличиваетъ электропроводимость, то замѣченное авторами явленіе пока совершенно необъяснимо. (Zeitschrift Physik. Chemie).

**Новое явленіе въ тонкихъ слояхъ изоляторовъ. Грейнахеръ и Германнъ.** Новое явленіе, подмѣченное авторами въ очень тонкихъ слояхъ изоляторовъ, заключается въ слѣдующемъ. Въ стеклянную трубку были впаяны, на разстояніи 2 мм. другъ отъ друга, двѣ металлическія полосы: одна изъ цинка, магнія или т. п., другая изъ серебра или мѣди, покрытыхъ слоемъ радиотеллура. Въ расширеніе трубки помѣщалось немного фосфорнаго ангидрида, послѣ чего трубка запаивалась и нагрѣвалась въ теченіе  $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  часа при 140—170°; благодаря такой обработкѣ можно было быть увѣреннымъ, что вся влажность со стѣнокъ трубки и съ поверхности металлическихъ электродовъ была удалена и поглощена фосфорнымъ ангидридомъ. Когда теперь чрезъ трубку пропускался токъ напряженія 110 вольтъ (обѣ полосы служили электродами), то по размыканіи его между электродами появлялась разность потенциаловъ до 60 вольтъ. Величина этой разности потенциаловъ стоитъ въ зависимости отъ силы поляризующаго тока и продолжительности его дѣйствія; сперва она возрастаетъ пропорціонально послѣдней, затѣмъ все медленнѣе и стремится къ нѣкоторому предѣлу. Получавшаяся разность потенциаловъ не возрастала замѣтно при повышеніи напряженія съ 110 влт. до 220 влт.; природа металловъ электродовъ также не оказывала замѣтнаго вліянія. Если элементъ послѣ заряженія коротко замыкался, то разность потенциаловъ падала, но все же (въ элементѣ изъ цинка и покрытаго радиотеллуромъ серебра) она, послѣ полурасчетоваго короткаго замыканія, составляла еще около  $\frac{1}{2}$  первоначальной. Такимъ образомъ, элементъ въ теченіи довольно долгаго времени давалъ токъ, сила котораго была одного порядка (около  $10^{-10}$  амп.) съ заряжающимъ токомъ, но разность потенциаловъ исчезала почти мгновенно въ томъ случаѣ, если трубка открывалась и въ нее вступалъ атмосферный воздухъ. Причиной описаннаго явленія авторы считаютъ тонкую пленку фосфорнаго ангидрида, которая отлагалась на электродахъ во время нагрѣванія трубки. Дѣло въ томъ, что явленіе это получалось также въ томъ случаѣ, когда электроды покрывались очень тонкой пленкой шеллака, несмотря на то, что такая пленка (даже при толщинѣ 0,05 мм.) значительно уменьшаетъ силу заряжающаго тока. Если покрытая шеллакомъ цинковая пластинка подвергается нѣкоторое время (минуть 5) дѣйствію разряда съ острія электрофорной машины, то она показываетъ довольно высокій потенциалъ по отношенію къ покрытой радиотеллуромъ мѣдной пластинкѣ, а именно около + 14 вольтъ, если она служила для разряда съ острія анодомъ, и — 60 влт., если она была катодомъ.

**Фотоэлектрическое разсѣяніе съ изоляторовъ. Р. Рейгеръ.** Хорошо извѣстное явленіе разсѣянія отрицательныхъ электрическихъ зарядовъ подѣ дѣйствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей наблюдалось до сихъ поръ только на металлахъ и небольшомъ числѣ не-металлическихъ проводниковъ и считалось характернымъ свойствомъ этихъ тѣлъ. Авторъ изслѣдовалъ теперь въ этомъ направленіи цѣлый рядъ изоляторовъ, какъ-то: стекло (12 различныхъ сортовъ) эбонитъ, слюду, воскъ, канифоль и сургучъ, и пришелъ къ слѣдующимъ результатамъ. Способность разсѣивать отрицательные электрическіе заряды подѣ дѣйствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей свойственна изоляторамъ такъ же, какъ и металламъ; лишь сила „тока разсѣиванія“ для различныхъ тѣлъ, различна: для изоляторовъ меньше, чѣмъ



для угля и алюминія. Различіе это обусловливается, однако, не сопротивленіемъ изоляторовъ, такъ какъ паденіе потенціала вдоль слоя изолятора, въ томъ случаѣ, если послѣдній очень тонокъ, можетъ быть оставлено безъ вниманія. Исслѣдованія Ленара надъ разсѣиваніемъ зарядовъ металловъ показали, что явленіе это вызывается испусканіемъ съ ихъ поверхности катодныхъ лучей, поглощаемыхъ въ непосредственной близости. То же самое нашелъ авторъ и въ своихъ опытахъ съ изоляторами; послѣдніе, будучи заряжены отрицательно и находясь въ вакуумѣ, также испускаютъ подѣйствіемъ ультрафіолетоваго свѣта катодные лучи. (Annalen d. Physik).

**О дѣйствіи поперечнаго намагничиванія на желѣзное тѣло, находящееся въ вращающемся магнитномъ полѣ. Арно.** Произведенныя въ 90-хъ годахъ исслѣдованія Жерара, Финни и другихъ показали, что слабое поперечное намагничиваніе дѣйствуетъ на подвергаемое намагничиванію желѣзное тѣло такъ же, какъ и механическое сотрясеніе, а именно—уменьшаетъ энергію, поглощаемую гистерезисомъ. Очень интересные опыты на эту тему произведены теперь опять Арно, причѣмъ намагничиваніе желѣзнаго тѣла вызывалось вращающимся полемъ. Расположеніе опытовъ было слѣдующее. Два совершенно одинаковыхъ полыхъ стальныхъ цилиндра 33 мм. вышины, 22 мм. въ поперечникѣ и 0,05 мм. толщины стѣнокъ были насажены на нѣкоторомъ разстояніи одинъ отъ другого на общую вертикальную, свободно вращающуюся ось. Каждый цилиндръ находился въ горизонтальномъ вращающемся электромагнитномъ полѣ одинаковой силы, но противоположнаго направленія вращенія. Кромѣ того, вокругъ одного изъ цилиндровъ находилась катушка, при помощи которой этому цилиндру могло сообщаться намагничиваніе вдоль оси, т. е. перпендикулярно къ той плоскости, въ которой цилиндръ намагничивался вращающимся полемъ. Для возбужденія этой поперечно намагничивающей катушки Арно пользовался токами: постояннымъ, прерывистымъ, переменнымъ или токами Теславскаго трансформатора. Пока чрезъ катушку вообще не пропускался токъ, ось съ обоими цилиндрами оставалась въ покоѣ; намагничиваніе отъ вращающагося поля совершалось въ обоихъ цилиндрахъ одинаково, въ горизонтальной плоскости; благодаря гистерезису магнитная ось постоянно отставала отъ направленія поля, результатомъ чего появлялись моменты вращенія, но такъ какъ въ обоихъ цилиндрахъ эти моменты имѣли одинаковую величину, и были направлены въ противоположныя стороны, то вся система и оставалась въ покоѣ. Какъ только, однако, чрезъ добавочную катушку посылался одинъ изъ перечисленныхъ видовъ тока, это равновѣсіе нарушалось и ось съ цилиндрами начинала вращаться. При этомъ okamъ заложенъ слѣдующее. Всѣ 4 вида тока усиливаютъ моментъ вращенія того цилиндра, въ которомъ они вызываютъ поперечное намагничиваніе; это дѣйствіе сперва возрастаетъ съ усиленіемъ тока, но затѣмъ, при нѣкоторой критической силѣ, оно исчезаетъ, и при дальнѣйшемъ усиленіи тока получается обратное явленіе—ослабленіе момента вращенія, ослабленіе тѣмъ болѣе значительное, чѣмъ сильнѣе вращающееся поле; другими словами, система начинаетъ вращаться въ обратномъ направленіи, чѣмъ первоначально. Величина этой критической силы поперечно намагничивающаго тока зависитъ отъ вида тока: для постоянного она меньше, чѣмъ для прерывистаго или переменнаго. Такъ какъ возникновеніе паразитныхъ токовъ было здѣсь исключено въ виду очень малой толщины стѣнокъ цилиндра, то описанное явленіе можетъ быть объяснено только дѣйствіемъ поперечнаго намагничиванія на гистерезисъ. Арно исслѣдовалъ также влияніе частоты прерывовъ или переменнаго тока и нашелъ, что усиленіе гистерезиса тѣмъ больше, чѣмъ больше эта частота. (E. T. Z.).

**О намагничиваніи постояннымъ и переменнымъ токомъ. Э. Гумлихъ и П. Розе.** Авторы поставили своей цѣлью путемъ цѣлаго ряда опытовъ отвѣтить на вопросы, 1) происходитъ ли намагничиваніе желѣза въ быстро мѣняющемся полѣ моментально, или имѣетъ мѣсто нѣкоторое запаздываніе (вязкость), которое при быстромъ измѣненіи полярности проявляется въ томъ, что желѣзо дѣлается жоше въ магнитномъ отношеніи, менѣе податливымъ, и 2) какъ вліяютъ на результаты измѣренія паразитные токи. При этомъ надо замѣтить, что, несмотря на все значеніе для техника того или другого отвѣта на выше поставленные вопросы, опыты предыдущихъ исслѣдователей давали разнорѣчивые результаты.

Опыты производились съ четырьмя кольцами (№ 1, 2, 4, 6), изъ которыхъ 3 первыхъ были составлены изъ листового желѣза толщиной 0,5 мм. и вѣсили около 10 кгр., пластины четвертаго кольца, вѣсившаго 5 кгр., были толщиной въ 0,3 мм.

Съ этими кольцами производились двѣ серіи опытовъ: опредѣлялась 1) кривая индукціи и 2) затрата энергіи при намагничиваніи постояннымъ и переменнымъ токомъ. Въ первой серіи опытовъ авторы пользовались статическимъ методомъ, предложеннымъ Нитгамеромъ. Каждое кольцо было покрыто вторичной обмоткой, которая черезъ послѣдовательно включенное сопротивление была соединена съ баллистическимъ гальванометромъ (Депре-Д'Арсонваля); его отклоненія опредѣляли величину магнитнаго потока, пронизывавшаго вторичную обмотку, когда замыкался или мѣнялъ свою величину намагничивающій токъ въ первичной обмоткѣ.

Полученныя кривыя были такъ называемыя нулевыя кривыя (Nullkurven), такъ какъ въ началѣ опыта кольцо было ненамагничено, затѣмъ замыкался слабый намагничивающій токъ, сила котораго затѣмъ все увеличивалась скачками. На полученной такимъ путемъ кривой индукціи лежатъ вершины петли гистерезиса, которая получается, если, исходя изъ соответствующаго максимума намагничивающаго тока, понижать скачками токъ до нуля и затѣмъ снова поднимать до максимума и т. д. пока снова не будетъ достигнута исходная точка вершины петли гистерезиса.

Но въ дѣйствительности достигъ полного намагничиванія кольца невозможно, какъ бы долго его не намагничивать переменнымъ токомъ постоянно убывающей силы. Если въ замкнутомъ кольцѣ и нельзя судить объ этомъ, то опыты съ прямымъ пучкомъ пластинъ вполнѣ подтверждаютъ это. Всегда замѣчаются отдѣльныя болѣе твердыя мѣста, которые сохраняютъ, хотя и въ малой степени, свое магнитное состояніе. Чтобы избѣгнуть возникающей вслѣдствіе этого обстоятельства погрѣшности, авторы выводили кривую индукціи какъ среднюю изъ двухъ индукціонныхъ кривыхъ отъ токовъ противоположныхъ направленій. Эти кривыя расходятся только въ области малыхъ индукцій.

Затѣмъ авторы замѣчаютъ, что на величину индукціи и на форму кривыхъ гистерезиса вліяетъ и величина тѣхъ скачковъ, которые дѣлаются при переходѣ отъ одного значенія силы тока къ другому: при невысокомъ напряженіи поля увеличеніе интерваловъ повышаетъ индукцію. Поэтому авторы пріимѣняли относительно малые интервалы, чтобы приблизиться къ кривой постепеннаго намагничиванія. На фиг. 12 непрерывныя линіи даютъ индукціонныя линіи, полученныя путемъ постепеннаго наростанія, а пунктирныя соответствуютъ тому случаю, когда сразу замыкался максимальный токъ, соответствующій данной петлѣ гистерезиса.

Построить индукціонную кривую для переменнаго тока болѣе затруднительно. Потребный переменный токъ доставлялся машиной постоянного тока въ 10 квт., при помощи двухъ наложенныхъ на нее собирательныхъ колецъ. Въ цѣль, кромѣ намагничи-

ваемого кольца, включенъ амперометръ, сопротивле-  
 ниемъ отъ 2,5 до 13 Ω (безъ самоиндукции), и ваттметръ.  
 Отъ зажимовъ кольца отвѣтвлялись провода къ вольт-  
 метру и катушкѣ ваттметра. Такъ какъ необходимо  
 было знать форму кривой и измѣненія напряженія  
 и силы тока, доставляемыхъ машиной, то для этой  
 цѣли имѣлся Франковскій аппаратъ, провода отъ ко-  
 тораго при помощи переключателя могли быть при-  
 соединены или къ зажимамъ кольца, или къ концамъ  
 сопротивленія.

Называя максимальное значеніе средней величины  
 индукціи въ кольцѣ— $V$ , площадь поперечнаго раз-  
 рѣза кольца  $q$ , число оборотовъ намагничивающей  
 обмотки— $n$ , число періодовъ перемѣннаго тока  $p$ ,  
 коэффициентъ, зависящій отъ формы кривой напря-  
 женія  $\alpha^*$ , то зависимость между индукціей и вы-  
 зываемымъ ею напряженіемъ  $E$  опредѣляется фор-  
 мулой:

$$V = \frac{E \cdot 10^8}{4\pi n q \alpha}, \dots \dots \dots (1)$$

при чемъ  $E$  получается изъ напряженія у зажимовъ  
 кольца  $E'$  геометрическимъ вычитаніемъ омическаго  
 паденія напряженія въ кольцѣ  $Iw \cos\phi^{**}$ .

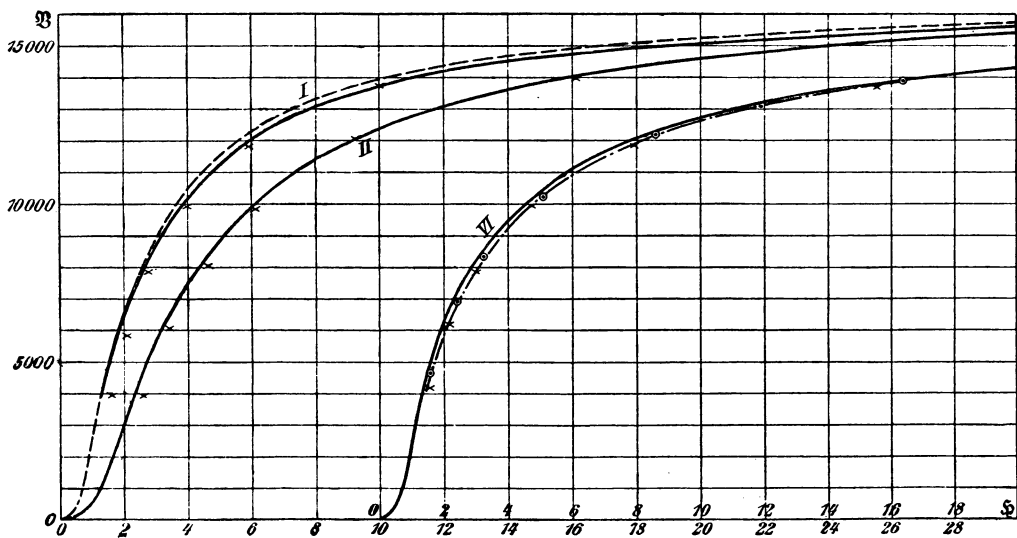
соотвѣтствуетъ во всякой кривой гистерезиса и мак-  
 симумъ протекающаго въ катушкѣ тока, нужно по-  
 казанное амперометромъ эффективное значеніи силы  
 тока помножить на такъ называемый коэффициентъ  
 формы, т. е. на отношеніе максимальнаго значенія  
 силы тока къ эффективному значенію.

Остается еще опредѣлить, почему все же при  
 малой индукціи кольца въ магнитномъ отношеніи  
 тверже по отношенію къ перемѣннымъ токамъ,  
 чѣмъ къ постояннымъ. Для этой цѣли для кольца  
 № 1 были опредѣлены кривыя гистерезиса при  
 различной величинѣ индукціи и числѣ періодовъ.

Такъ какъ напряженіе  $e$  пропорционально  $\frac{dB}{dt}$ , то  $V$

пропорционально  $\int edt$ . Кривая напряженій была  
 разбита на отдѣльные отрѣзки, графически интегри-

рована и тогда полученный  $\int_0^T \frac{1}{2} edt$  равенъ удвоен-  
 ному значенію индукціи  $V$ , которая опредѣлялась изъ



Фиг. 12.

Итакъ, искомая величина индукціи  $V$  находится по  
 вышеприведенной формулѣ изъ отсчетовъ вольт-  
 метра, а соотвѣтствующая величина напряженія поля  
 дается формулой

$$H = \frac{4\pi ni}{\lambda \cdot 10},$$

гдѣ  $i$  максимальное значеніе выраженной въ ампе-  
 рахъ силы намагничивающаго тока, а  $\lambda$  средняя дли-  
 на, связанная съ внѣшнимъ и внутреннимъ диамет-  
 ромъ кольца— $d_e$  и  $d_i$  слѣдующимъ уравненіемъ

$$\lambda = \frac{\pi (d_e - d_i)}{\ln \left[ \frac{d_e}{d_i} \right]}$$

Принимая предварительно, что, какъ и при статиче-  
 скомъ намагничиваніи, максимуму намагничиванія

\*) Gumlich und Rose ETZ. 1905. S. 403. Vergleichende  
 magnetische Untersuchungen mit den Eisenprüfapparaten  
 von Epstein. Тамъ же и подробности установки и детали  
 измѣренія.

\*\*) Niethammer, Diss. Zürich. 1898.

уравненія (1). Для любого момента мгновеннаго значе-  
 нія  $V$  получались интегрированіемъ отъ этого пункта на  
 полъ періода. Для вычисленія соотвѣтствующихъ зна-  
 ченій напряженія поля, вычислялся раньше ампли-  
 тудный коэффициентъ кривой силы тока, произведе-  
 ніе этого коэффициента и показываемой амперомет-  
 ромъ эффективной силы давало абсолютное значеніе  
 силы тока, соотвѣтствующей высшей точки кривой  
 силы тока, такъ что сила тока для другихъ пунктовъ  
 кривой получится изъ отношенія соотвѣтствующей  
 ординаты къ наибольшей ординатѣ. Искомое  $H$  по-  
 лучится помноженіемъ вышенайденнаго числа на  
 $\frac{0,4\pi n}{\lambda}$ . Полученныя такимъ образомъ кривыя ги-

стерезиса показаны на фиг. 13 для  $V=6000$ , на фиг. 14  
 для  $V=10000$  и числѣ періодовъ 20 и 50, тутъ же из-  
 ображены полученные статическимъ путемъ кривыя.

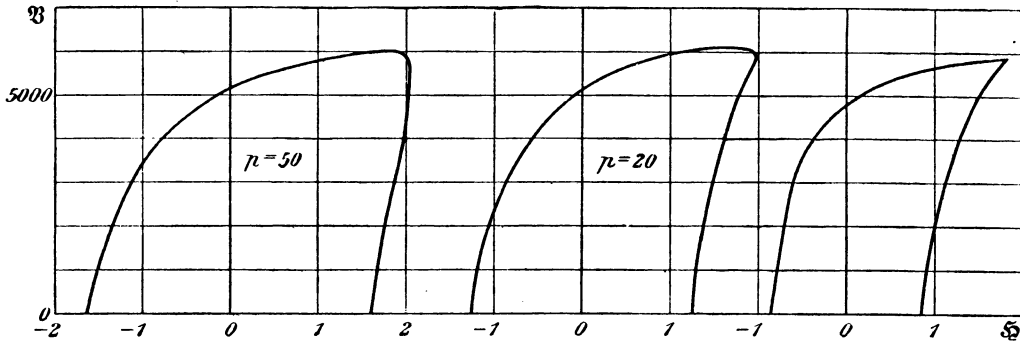
Кривыя, снятыя при перемѣнномъ токѣ, ограни-  
 чивающія площадь, представляющую потерю на гисте-  
 резисѣ и работу паразитныхъ токовъ, захватываютъ  
 тѣмъ большую площадь, чѣмъ больше число періо-  
 довъ, такъ какъ съ возрастаніемъ числа періодовъ  
 возрастаютъ и паразитные токи. Изъ кривой для  
 $V=6000$  и  $n=50$  ясно видно, что максимумъ индук-

ции вовсе не совпадаетъ съ максимумомъ напряженія поля, а соотвѣтствуетъ нѣкоторому его значенію меньшему приблизительно на  $H=0,12$ ; если мы на фиг. 11 уменьшимъ соотвѣтствующія  $B=6000$  значенія  $H$  на  $0,12$  для кольца № 1, то отмѣченные раньше пункты совпадутъ съ индукціонной статической кривой. Итакъ вышеописанные опыты приводятъ къ заключенію, что опредѣленное напряженіе поля какъ при переменномъ, такъ и постоянномъ намагничивающемъ токъ вызываетъ одну и ту же индукцію, если принять, что закругленіе кривой гистерезиса при переменномъ токъ и вызываемое имъ несова-

боткѣ происходятъ и большія измѣненія проницаемости, не поддающіяся точному расчету. Разъ кривыя индукціи почти совпадаютъ для постоянного и переменнаго намагничивающаго тока, то надо ожидать, что и затрата энергіи на намагничиваніе будетъ приблизительно одинакова.

По Варбургу, потеря энергіи, выраженная въ эргахъ на 1 куб. см. матеріала въ теченіе одного періода

$$W = \frac{1}{4\pi} \int B dH,$$

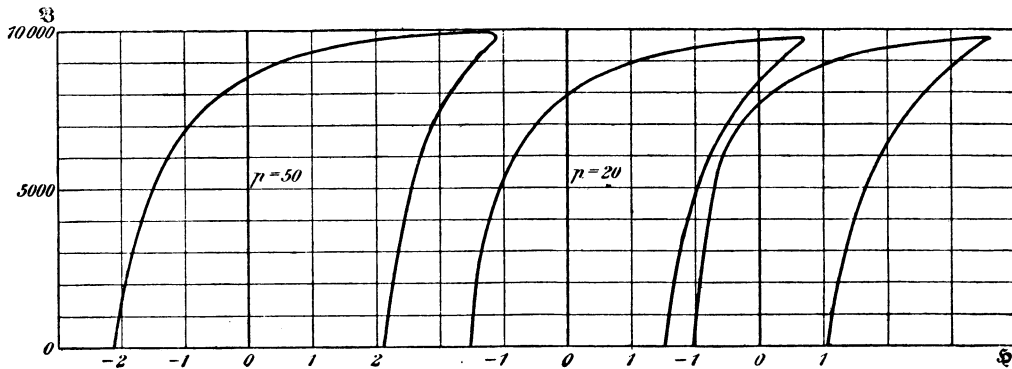


Фиг. 13.

деніе максимумовъ индукціи и напряженіе поля происходятъ не отъ специально магнитныхъ явленій, а зависятъ, напримѣръ, отъ вліянія паразитныхъ токовъ.

Нѣкоторое различіе между дѣйствіемъ постояннаго и переменнаго намагничивающаго тока только отчасти можетъ быть приписано вліянію паразитныхъ токовъ и большей вѣроятности ошибокъ наблюденій при переменномъ токъ вслѣдствіе большей сложности установки; причина, кромѣ того, должна лежать въ магнитномъ послѣдствіи, такъ называемой вязкости.

гдѣ распространенный на весь круговой процессъ интегралъ долженъ равняться удвоенной площади изображенныхъ на фиг. 13 петель гистерезиса. По Штейнмецу этотъ интегралъ равенъ  $\eta B^{1,6}$ , а вся потеря энергіи (въ эргахъ) при намагничиваніи переменнымъ токомъ въ 1 sc  $W = p \cdot \eta B^{1,6} + p^2 f B^2$ , гдѣ  $p$  число періодовъ; первый членъ слѣва представляетъ потерю на гистерезисъ, а второй на паразитные токи; коэффициентъ гистерезиса  $\eta$  и коэффициентъ паразитныхъ токовъ  $f$  принимаются постоянными (не зависящими отъ  $B$ ), что, впрочемъ, не вполне вѣрно. Потеря энергіи въ ваттахъ на 100 кгр. желѣза въ теченіи одного



Фиг. 14.

Возможно, что при другихъ условіяхъ вліяніе вязкости не было бы замѣтно, такъ какъ извѣстно, что вязкость повышается непосредственно послѣ закалыванія предмета, а затѣмъ опять падаетъ, а пластины для динамо какъ разъ подвергаются тщательному закалыванію.

Практически важно то, что разность во всякомъ случаѣ мала и при  $B=4000$  и  $n=50$  не больше 8% и затѣмъ все убываетъ, исчезая совершенно при  $B=14000$ . Принимая же во вниманіе и вліяніе паразитныхъ токовъ, разность возрастаетъ приблизительно вдвое но даже и подобное уменьшеніе проницаемости не больше чѣмъ на 16% не играетъ значенія въ технику, такъ какъ при механической обра-

періода  $\frac{W_{100}}{p} = A (\eta B^{1,6} + p f B^2)$ , гдѣ  $A$  нѣкоторый численный коэффициентъ. Итакъ при данномъ  $B$  зависимость между затратой энергіи и числомъ періодовъ представляетъ уравненіе прямой линіи, которую можно получить изъ опыта, опредѣляя для данной индукціи  $B$  потерю ваттовъ \*) при различномъ числѣ періодовъ (авторы производили опыты въ предѣлахъ отъ 20—55) и откладывая по оси абсциссъ число періодовъ, по оси ординатъ  $\frac{W_{100}}{p}$ . Эта линія отрѣжетъ на

\*) Wied. Ann. 13. S. 141. 1881.

оси ординатъ отрѣзокъ  $a = A\gamma V^{1,6}$ , потерю на гистерезисъ въ теченіи 1 періода, а соответствующая потеря на паразитные токи  $b = Apf \cdot V^2$  опредѣлится какъ разстояніе точекъ нашей прямой отъ линіи, проведенной параллельно оси абсциссъ на разстояніи  $a$ .

По даннымъ этой прямой можно найти

$$\eta = \frac{as \cdot 10^2}{V^{1,6}}; f = \frac{bs \cdot 10^2}{p \cdot V^2},$$

гдѣ  $s$  удѣльный вѣсъ желѣза. Если вышеупомянутый коэффициентъ  $\alpha$  не равенъ 1,11, то полученное

значеніе  $f$  надо помножить на  $\left[\frac{1,11}{\alpha}\right]^2$  \*). Такимъ

образомъ было вычислено  $\eta$  для колець 1, 2, 4 при  $V = 4000, 6000 \dots 14000 - 16000$  и оказалось, что оно почти совпадаетъ въ предѣлахъ точности измѣренія (отклоненія не больше 4%) съ  $\eta$  вычисленнымъ изъ

формулы  $\eta V^{1,6} = \frac{1}{4\pi} \int V dH$ , установленной для на-

магничиванія постояннымъ токомъ. Характеръ кривой напряженій тоже не оказывалъ почти никакого вліянія на величину  $\eta$ , даже когда вмѣсто  $\alpha = 1,11$  брали  $\alpha = 1,195$ .

**Объ электрoзаряжающемъ дѣйствіи рентгеновскихъ лучей.** К. Канъ. При изслѣдованіи разряжающаго дѣйствія рентгеновскихъ лучей на наэлектризованные предметы Ричи замѣтилъ, что какъ заряженные положительно или отрицательно, такъ и электрически нейтральныя тѣла въ концѣ концовъ показываютъ на себѣ положительный зарядъ. Опытъ Бенуа, Гурмуческу и другихъ однако противорѣчили наблюденію Ричи. Недавно Канъ вновь занялся этимъ интереснымъ вопросомъ и съ полной увѣренностью могъ подтвердить способность рентгеновскихъ лучей вызывать положительные заряды на металлахъ. Очень тонкіе металлическіе листы заряжаются сильнѣе, чѣмъ толстыя, причѣмъ разниця эта тѣмъ больше, чѣмъ короче продолжительность дѣйствія лучей. Вліяніе характера поверхности ничтожно.

Потенціалъ заряда уменьшается съ возрастаніемъ емкости проводника. Твердые лучи вызываютъ болѣе сильные заряды, чѣмъ мягкіе. Чѣмъ выше атомный вѣсъ металла и чѣмъ онъ болѣе электроотрицателенъ, тѣмъ выше потенциаль; вліяніе атомнаго вѣса особенно сильно для твердыхъ лучей, вліяніе электростатическаго характера металла—для мягкихъ. Наконецъ, потенциаль зависитъ также отъ природы газа, въ которомъ находится проводникъ: въ воздухѣ онъ выше, чѣмъ въ углекисломъ газѣ. Потенціалъ непрерывно возрастаетъ съ продолжительностью дѣйствія лучей до 20 секундъ, послѣ чего онъ остается почти неизмѣннымъ. Вторичные лучи, возбуждаемые рентгеновскими лучами, препятствуютъ заряжающему дѣйствію послѣднихъ. Этимъ и объясняются противорѣчивые результаты различныхъ наблюдателей.

**Изслѣдованія надъ свѣтовой дугой.** I. Старкъ, Рѣчинскій и Шапошниковъ. Если чрезъ стеклянный колпакъ, въ которомъ горитъ вольтова дуга, пропускается медленная струя водорода или углекислаго газа, то при одной и той же длинѣ дуги напряженіе оказывается гораздо выше въ томъ случаѣ, когда дуга горитъ въ водородѣ. При употребленіи мѣдныхъ электродовъ эта разниця больше, чѣмъ для угольныхъ. Явленіе это объясняется охлажденіемъ электродовъ и свѣтовой дуги окружающими газами; такъ какъ теплопроводность водорода въ 10 разъ больше теплопроводности углекислаго газа,

то и охлажденіе въ первомъ энергичнѣе чѣмъ во второмъ; съ другой же стороны мѣдь обладаетъ въ 1000 разъ лучшей электропроводимостью, чѣмъ уголь.

Вольтова дуга, какъ извѣстно, не можетъ существовать, если отрицательный полюсъ подвергается охлажденію; наоборотъ, охлажденіе положительнаго не оказываеъ такого дѣйствія. Поэтому авторы полагаютъ, что положительные іоны образуются не на самомъ анодѣ, а внутри парового пространства, отъ толчковъ со стороны іоновъ, проходящихъ отъ катода. Эти послѣдніе, отрицательные, іоны должны, вслѣдствіе своей малой массы, обладать большей скоростью, чѣмъ положительные. Слѣдующій опытъ далъ возможность приблизительно сравнить скорости тѣхъ и другихъ іоновъ въ вольтовой дугѣ. Къ серединѣ изогнутой стеклянной трубки, внутри которой горитъ ртутная дуга, припаивъ сбоку стеклянный грушеобразный сосудъ съ двумя электродами; между послѣдними находится еще третій, вспомогательный электродъ-зондъ, при помощи котораго измѣряется потенциаль какъ у анода, такъ и у катода. При зажиганіи дуги грушеобразный сосудъ наполняется парами ртути, заключающими въ себѣ также положительные и отрицательные іоны. Катодное паденіе потенциала оказывается здѣсь въ семь разъ больше аноднаго, а такъ какъ Дж. Томсонъ, Рике и Ми еще раньше доказали, что паденіе потенциала должно быть больше у того электрода, отъ котораго удаляются болѣе быстрые іоны, то слѣдуетъ заключить, что отрицательные іоны ртутной дуги движутся по крайней мѣрѣ въ семь разъ быстрѣе, чѣмъ положительные.

**Объ отношеніи между скоростью движенія іоновъ и ихъ объемомъ.** Т. Лаби и Дж. Карсъ. Какъ извѣстно, Кольраушъ нашелъ, что между электрическимъ сопротивленіемъ растворовъ и ихъ внутреннимъ треніемъ (вязкостью) существуетъ довольно полный параллелизмъ; точно также температурные коэффициенты скорости движенія іоновъ и внутренняго тренія растворовъ почти одинаковы. Проще всего поэтому предположить, что скорость движенія какаго нибудь іона выражается

формулой  $v = \text{const.} \times \frac{F}{\mu}$ , гдѣ  $F$ —движущая іонъ сила,

а  $\mu$ —вязкость раствора, т. е. что движеніе іоновъ въ растворѣ совершается подобно движенію очень маленькихъ тѣлъ въ вязкой жидкости. Для послѣдняго случая Стоксъ вывелъ формулу:

$$v = \frac{F}{6\pi\eta r},$$

гдѣ  $r$ —радіусъ тѣла. Для вычисленія скорости движенія іоновъ эта формула оказалась, однако, непримѣнимой, такъ какъ растворъ для іоновъ не можетъ считаться гомогенной средой. Авторы поэтому применили иной способъ вычисленія. Объемъ іоновъ они опредѣляютъ изъ атомныхъ и молекулярныхъ объемовъ электролитовъ. Такъ, напримѣръ, молекулярный объемъ уксусной кислоты (т. е. величина, получаемая дѣленіемъ молекулярнаго вѣса на удѣльный вѣсъ) при 20° равенъ 57,2; атомный объемъ водорода равенъ по Оствальду 5,3; слѣдовательно, объемъ аніона уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COO}'$  равенъ 57,2—5,3=51,9 (выводъ этотъ, конечно, не строгъ, такъ какъ молекулярный объемъ вовсе не долженъ быть непремѣнно равенъ суммѣ объемовъ составныхъ іоновъ, но въ извѣстной степени приближенія онъ допустимъ; р е ф.). Авторы сравниваютъ кубическіе корни полученныхъ такимъ образомъ объемовъ со скоростями движенія іоновъ органическихъ кислотъ и оснований (пользуясь для опредѣленія послѣднихъ данными Бредига) и находятъ, для гомологическихъ рядовъ, обратную пропорціональную зависимость тѣхъ и дру-

\*) Gumlich u. Rose. ETZ. 1905. S. 403.

гихъ величинъ; другими словами, произведенія скоростей движенія ионовъ на кубическіе корни ихъ объемовъ представляются приблизительно постоянными въ рядахъ гомологическихъ соединеній. Нѣкоторое влияние на скорость движенія ионовъ оказываетъ, впрочемъ, также и ихъ структура.

**Скорость движенія ионовъ воздуха при различныхъ температурахъ. П. Филлипсъ.** Авторъ изслѣдовалъ влияние температуры на скорость движенія въ электрическомъ полѣ ионовъ воздуха, образующихся подѣ дѣйствіемъ рентгеновскихъ лучей. Опыты производились съ воздухомъ подѣ обыкновеннымъ, атмосфернымъ давлениемъ, по методу Ланжевэна. Нѣкоторые изъ полученныхъ имъ чиселъ собраны въ слѣдующей табличкѣ:

T	$K_1$	$K_2$
411	2,00	2,495
383	1,85	2,30
348	1,67	2,125
285	1,39	1,785
209	0,945	1,23
94	0,235	0,25

T означаетъ здѣсь абсолютную температуру,  $K_1$  скорость движенія (въ сантиметрахъ въ секунду) положительныхъ,  $K_2$ —отрицательныхъ ионовъ въ электрическомъ полѣ съ паденіемъ потенциала въ 1 вольтъ на 1 см. Какъ видно изъ этихъ чиселъ, при температурахъ выше 200° (абсол.) скорости движенія какъ положительныхъ, такъ и отрицательныхъ ионовъ пропорціональны абсолютной температурѣ, причѣмъ графическія линіи при своемъ продолженіи ниже 200° пересѣкаются въ нулевой точкѣ. Скорость движенія положительныхъ ионовъ меньше скорости отрицательныхъ, но при 94°, т. е. при температурѣ сжиженія воздуха, онѣ становятся между собой почти равными и притомъ меньше, чѣмъ то вычисляется экстраполяціей изъ величинъ, отвѣчающихъ болѣе высокимъ температурамъ. При помощи кинетической теории газовъ можно изъ этихъ чиселъ вычислить, сколько молекулъ приходится въ среднемъ на 1 ионъ; такія вычисленія даютъ 4,63 молекулы какъ для положительнаго, такъ и для отрицательнаго іона при 94° (абсол.); при повышеніи температуры число это быстро уменьшается, оставаясь всегда большимъ для положительныхъ ионовъ, чѣмъ для отрицательныхъ (при 411° оно равно 1,52 для первыхъ и 1,25 для вторыхъ). Изъ того обстоятельства, что среднее число молекулъ въ ионѣ измѣняется съ температурой не скачками, а непрерывно, слѣдуетъ заключить, что между молекулами и іонами происходитъ постоянный обмѣнъ.

## О Б З О Р Ъ.

**Телеграфированіе безъ проводовъ на большое разстояніе.** Сообщаемъ объ интересныхъ опытахъ телеграфирования безъ проводовъ на большое разстояніе, произведенныхъ фирмой „Сименсъ и Гальске“.

Опыты были произведены въ ночь на 5 сентября на станціи беспроволочнаго телеграфа системы „Поповъ-Телефункенъ, установленный по заказу военнотехническаго вѣдомства на Волковомъ полѣ, и состоялись въ присутствіи г. Начальника этой станціи.

Телеграммы посылались со станціи беспроволочнаго телеграфа, находящейся въ Науенѣ, близъ Берлина, т. е. на разстояніи всего 1100 верстъ, и были приняты полнѣй отчетливо аппаратами станціи на Волковомъ полѣ. Станція эта сравнительно невелика и рассчитана на передачу съ нея телеграммъ на раз-

стояніе приблизительно 150 верстъ, въ виду чего, конечно, о передачѣ съ нея отвѣтныхъ телеграммъ не могло быть и рѣчи, получить же на ней телеграммы изъ Науена вполне удалось при помощи существующихъ приемныхъ приборовъ, причѣмъ интенсивность передачи доказываетъ, что вышеозначенное разстояніе еще не является предѣльнымъ разстояніемъ для мощной станціи въ Науенѣ.

Изъ разстоянія городовъ Петербурга и Науена, приблизительно 800 верстъ приходится по земляному пространству, а 300 верстъ—водой.

Описанные опыты изъ всѣхъ произведенныхъ до сихъ поръ во всемъ мірѣ являются первыми удавшимися по передачѣ на столь далекое разстояніе по земляному пространству и для Россіи вообще первыми на подобное разстояніе.

**Обматываніе катушекъ голыми алюминіевыми проводами. Гопфельдтъ.** Какъ известно, даже при обыкновенной температурѣ алюминіевый проводъ покрывается слоемъ окиси, которая защищаетъ металлъ отъ дѣйствія большинства веществъ и является въ то же самое время изоляторомъ, выдерживающѣмъ напряженіе не выше 0,5 в. Такимъ образомъ, можно обматывать катушки голымъ проводомъ, не опасаясь короткаго замыканія, если разность потенциаловъ между двумя соприкасающимся витками меньше 0,5 вольта. Въ случаѣ катушекъ постояннаго тока, даже если диаметръ одного оборота=1,5 метра, разность потенциаловъ между двумя оборотами обыкновенно едва достигаетъ 0,06 вольта и мы, слѣдовательно, имѣемъ коэффициентъ безопасности болѣе 10. Само собой разумѣется, что отдѣльные слои обмотки должны быть изолированы другъ отъ друга, такъ какъ разность потенциаловъ между двумя соприкасающимися слоями можетъ быть болѣе допустимой. Опуская обмотанную катушку въ воду и пропуская токъ, можно получить изолирующій слой, сопротивляющійся болѣе чѣмъ 100 вольтъ. Въ большинствѣ случаевъ нѣтъ необходимости прибѣгать къ искусственному окисленію, благодаря влажности воздуха. Поэтому выгодно въ большихъ катушкахъ, какъ постояннаго, такъ и переменнаго тока, изолировать отдѣльные слои посредствомъ какого нибудь гигроскопическаго вещества, напримѣръ, азбестомъ. Если же употребляется менѣе гигроскопичное вещество, какъ, напримѣръ, бумага, то рекомендуется смачивать каждый изолирующій слой при помощи кисти водою, прежде чѣмъ продолжать обматываніе. При пропусканіи тока черезъ такую катушку быстро образуется желаемый изолирующій слой, причѣмъ при переменномъ токѣ это образованіе совершается значительно медленнѣе; поэтому рекомендуется, прежде чѣмъ употреблять катушку для переменнаго тока, пропускать черезъ нее въ продолженіи четверти часа постоянный токъ. Сила постояннаго тока должна быть такова, чтобы температура катушки повысилась до 100—120° С. Даже въ томъ случаѣ, если изолирующій слой не гигроскопиченъ, какъ напримѣръ изолирующая лента, съ большимъ успѣхомъ употребляемая для тонкой проволоки, то изолирующій слой все-таки образуется. Съ такой катушкой нѣтъ надобности опасаться перегрузокъ, по крайней мѣрѣ тѣхъ, которыя не заставляютъ плавиться алюминій.

Свойство алюминія поляризоваться въ водѣ позволяетъ употреблять такія катушки въ мѣстахъ, подверженныхъ дѣйствію сырости, напримѣръ, въ трамваяхъ, автомобиляхъ и т. д. Вызывалось опасеніе, что подѣ дѣйствіемъ тока слой окиси будетъ все увеличиваться, но что это опасеніе не имѣетъ за собой основанія блистательно доказали воздушныя алюминіевые провода канализацій. Кромѣ того, нѣсколько алюминіевыхъ катушекъ находятся въ продолженіи болѣе шести мѣсяцевъ въ постоянной работѣ, причѣмъ сопротивленіе ихъ нисколько не измѣнилось.

До настоящаго времени спайка алюминіевыхъ

проводовъ была сопряжена съ большими затрудненіями и лишь недавно Гопфельдтъ нашелъ превосходный способъ спайки алюминія. Испытанія на разрывъ показали, что проводъ разрывается не на мѣстѣ спайки. Такъ какъ проводимость алюминія меньше, чѣмъ мѣди, то необходимо, чтобы при равномъ числѣ витковъ и сопротивленіи катушки, поперечное сѣченіе провода было бы больше, но путемъ простыхъ соображеній можно убѣдиться, что пространство, занимаемое алюминіевой катушкой, не болѣе такого же, занимаемаго мѣдной. При разсчетѣ катушки не слѣдуетъ упускать изъ виду, что температурный коэффициентъ алюминія почти на 10% меньше коэффициента мѣди. Какъ было подтверждено опытами, для того, чтобы достигъ той же самой конечной температуры, черезъ алюминіевую катушку нужно пропускать токъ силою на 20% болѣе, чѣмъ черезъ мѣдную. Охлажденіе алюминіевой катушки можетъ быть увеличено покрываніемъ внѣшняго слоя чернымъ лакомъ. Опыты показали, что при равныхъ нагрузкахъ такимъ образомъ вычерненная алюминіевая катушка имѣетъ температуру на 30—45% меньшую, чѣмъ мѣдная при идентичныхъ условіяхъ. Практическая проводимость алюминія на

28—33% меньше проводимости мѣди и, слѣдовательно, діаметръ алюминіеваго провода больше мѣднаго на 18—23%.

Подобныя катушки могутъ получить самое широкое примѣненіе во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ раньше примѣнялись исключительно мѣдныя катушки. Эти катушки особенно удобны для электрическихъ вентиляторовъ, обыкновенно устанавливаемыхъ въ теплыхъ помѣщеніяхъ, въ которыхъ изолирующая обмотка мѣдныхъ проводовъ быстро разрушается. Они съ большимъ успѣхомъ могутъ быть примѣнены въ маленькихъ машинахъ высокаго напряжения, которыя до сихъ поръ избѣгали строить по причинѣ высокой цѣны шунтовыхъ возбужденныхъ катушекъ. Алюминіевые провода такъ же очень цѣнны и въ большихъ машинахъ благодаря громадной экономіи въ вѣсѣ и въ цѣнѣ и большей надежности изолировки.

Нижеслѣдующая таблица показываетъ сравнительныя числа для мѣдныхъ и алюминіевыхъ катушекъ, и мы видимъ, что употребленіе алюминія даетъ довольно большую экономію, какъ въ вѣсѣ, такъ и въ цѣнѣ.

Сравнительная таблица мѣдныхъ и алюминіевыхъ катушекъ.

	Катушка А		Катушка В		Катушка С		Катушка D		Катушка Е		Возбудительная цѣпь динамомашинъ 400 квт., 430 в., 110 об./м. 10 катушекъ.	
	Сu	Al	Сu	Al	Сu	Al	Сu	Al	Сu	Al	Сu	Al
Внутренній діаметръ катушки въ мм. . .	20	20	20	20	20	20	100	100	150	150	420	420
Внѣшн. діаметръ катушекъ въ мм. . .	45	45	45	45	45	45	200	200	250	250	550	550
Высота катушки . . .	80	80	80	80	80	80	70	70	100	100	350	350
Толщина обмотки . .	11	12	11	8	11,5	12	48,5	42	49	46	65	60
Діаметръ голого провода въ мм. . . . .	0,4	0,5	0,2	0,25	2	2,3	1,5	1,6	2,5	2,7	3,7	4,0
Діаметръ изолированной проволоки въ мм. . . . .	0,53	—	0,3	—	2,3	—	1,8	—	2,9	—	—	—
Число витковъ . . . .	3170	3200	9600	9600	170	170	1026	1032	578	575	1230	1232
Длина провода въ м.	306	320	930	845	16,6	16,6	480	460	363	353	1750	1740
Сопротивленіе въ холдномъ состояніи	42,4	46	510	485	0,092	0,11	4,75	4,8	1,29	1,34	2,76	3,10
Сопротивл. въ нагрѣтомъ состояніи . .	52,5	53	630	550	0,14	0,123	5,8	5,6	1,6	1,52	3,60	3,60
Вѣсъ провода въ кгр.	0,380	0,187	0,280	0,185	0,510	0,205	7,9	3,56	15,9	7,7	1680	750
Цѣна провода и изолировки въ руб. .	1,04	0,44	1,31	1,49	0,85	0,39	1,03	0,74	2,03	1,54	2060,00	1482,00

Экон. въ вѣсѣ въ %	50	55	60	55	51	830 кгр.
Экон. въ цѣнѣ въ %	59	59	40	28	25	578,00 р. на 10 кат.

(L'Industrie Electric).

**Регулированіе напряженія разряда батарей аккумуляторовъ, служащихъ для освѣщенія. Е. П. Холлисъ и Е. Р. Александръ.** При разрядѣ батареи разность потенциаловъ у зажимовъ не остается постоянной, но мало по малу уменьшается, поэтому необходимо примѣнить какую-либо систему регулированія, для того, чтобы имѣть постоянную разность потенциаловъ у зажимовъ распределительной сѣти. Для этого существуютъ два способа: способъ вольт-добавочной машины и способъ добавочныхъ элементовъ. Въ первомъ изъ нихъ, кромѣ батареи, еще необходима вольт-добавочная машина, вызывающая необходимую прибавочную разность потенциаловъ для того, чтобы повысить напряжение до подходящаго значенія для заряда и разряда; во-второмъ, кромѣ нормально потребной для данной цѣли батареи аккумуляторовъ, необходимо нѣкоторое количество добавочныхъ элементовъ и батарейной коммутаторъ для регулировки разряда батареи. Авторъ намѣревается рассмотреть вопросъ о преимуществахъ того или другого способа.

Пусть напряженіе у зажимовъ батареи Е, и пусть V—напряженіе въ цѣпи въ какой-нибудь періодъ разряда. Токъ въ цѣпи пусть будетъ С и С<sub>0</sub>—токъ, доставляемый батареей: токъ, потребленный двигателемъ, будетъ С<sub>0</sub>—С; добавочное напряженіе будетъ Е—V и мощность вольтдобавочной машины будетъ, слѣдовательно, С<sub>0</sub>(Е—V). Пусть будетъ η общая отдача вольтдобавочной машины. Затраченная двигателемъ мощность будетъ С<sub>0</sub>(Е—V)/η и токъ

$$C_0(E - V)/\eta = C_0 - C$$

поэтому:

$$C_0 = C + \frac{C_0(E - V)}{\eta V} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{C}{C_0} = 1 - \frac{E - V}{\eta V} \dots \dots \dots (2)$$

Эти формулы могутъ служить для точнаго расчета вольтдобавочной машины и емкости батареи. Для полученія разряда при постоянномъ напряженіи мы

можем избрать два пути: или взять батарею, число ампер-часовъ которой значительно больше, чѣмъ это требуется для данной сѣти, работающую вмѣстѣ съ съ вольтодобавочной машиной, или же прибѣгнуть къ добавочнымъ элементамъ. Въ первомъ случаѣ необходимо употребленіе болѣе мощныхъ аккумуляторовъ; во-второмъ же нужно значительно большее число элементовъ.

Спрашивается теперь, что экономичнѣе?

Выше приведенныя уравненія даютъ возможность

Продолжительность разряда.	Вольты на элементъ.	Необходимое добавочное напряжение на элементъ.	Нагруз. вольтодобавочной машины въ % полной нагрузки.
	1,935	0,215	64
15 минутъ . . . . .	1,930	0,220	66
30 " . . . . .	1,915	0,235	70
45 " . . . . .	1,900	0,250	74
1 часъ . . . . .	1,890	0,260	78
1 " 15 минутъ.	1,875	0,275	82
1 " 30 "	1,860	0,290	86
1 " 45 "	1,840	0,310	92
2 часа . . . . .	1,815	0,335	100

Беря среднее послѣднихъ двухъ столбцовъ мы получимъ слѣдующіе результаты:

Средняя сила разряднаго тока батареи . 1000 амперъ	
" " тока поглощен. сѣтью . . . . . 840 "	
" " " " двигат. . . . . 160 "	
Емкость батареи . . . . . 2000 амп.-ч.	
Емкость батареи + вольто-добавочная машина . . . . . 1680 "	
Коеффициентъ этой системы . . . . . $1680/2000=0,84$	

Такимъ образомъ мы видимъ, что употребленіе вольтодобавочной машины заставляетъ насъ имѣть батарею въ 2000 ампер-часовъ вмѣсто 1680, т. е. емкостью на  $19,1\%$  болѣе. Въ этомъ случаѣ необходимо имѣть 233 элемента. Если бы употреблялся способъ регулировки добавочными элементами, то намъ нужно было бы сначала имѣть 233 элемента въ 1680 ампер-часовъ, и далѣе нѣкоторое количество добавочныхъ элементовъ, число которыхъ можетъ быть легко вычислено. Это вычисленіе показываетъ, что необходимо имѣть 275 элементовъ въ 1680 а.-ч. Въ этомъ случаѣ число элементовъ увеличивается на  $275-233$  или на  $18\%$ . Въ первомъ же случаѣ увеличивается емкость на  $2000-1680$ , т. е.  $19\%$ . Такимъ образомъ мы приходимъ приблизительно къ одному и тому же результату.

Примѣненіе первой системы регулированія требуетъ установки специальной машины. Во второй же системѣ никакихъ специальныхъ машинъ не требуется.

Отдача обѣихъ системъ практически одна и та же. Потери при разрядѣ въ системѣ съ вольтодобавочной машиной равны  $E(C_0 - C)$  (1—л) и составляютъ около  $4\%$  всей отданной батареей энергіи. Потери въ системѣ съ добавочными элементами почти нуль. (L'Eclairage Electrique).

**Новый однофазный коммутаторный двигатель. В. Финнъ.** Если взять якорь постоянного тока съ двумя парами щетокъ, изъ которыхъ щетки одной и той же группы расположены другъ противъ друга на  $180^\circ$ , а разныхъ — на  $90^\circ$ , соединить коротко щетки каждой группы другъ съ другомъ и помѣстить якорь въ статоръ, обмотанный какъ обыкновенный однофазный, то мы получимъ двигатель, обладающій тѣми же свойствами, что и асинхронный индукціонный двигатель съ коротко замкнутымъ якоремъ. Двигатель работаетъ при переменнѣй нагрузкѣ съ почти постоянной скоростью, пускается въ ходъ безъ

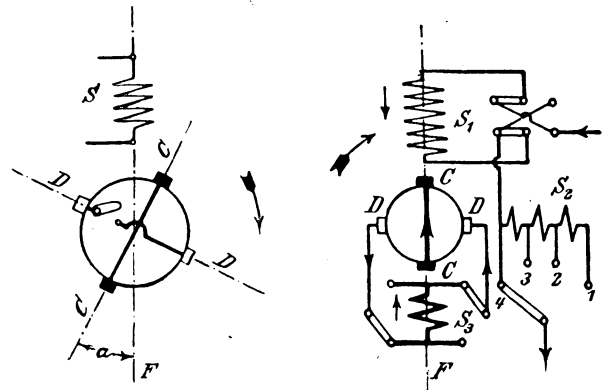
опредѣлить требуемую данными условіями емкость батареи. Для этого достаточно имѣть кривую отдачи вольтодобавочной машины и кривую разряда одного элемента, по которой легко опредѣлить значеніе емкости элемента. Пусть батарея въ 2000 ампер-часовъ при 500 вольтъ разряжается съ силою тока въ 1000 амперъ вмѣстѣ съ вольтодобавочной машиной.

Нижеслѣдующая таблица даетъ значенія интересныхъ насъ величинъ.

О т д а ч а			Сила тока въ амперахъ.	
Двигателя.	Вольтодобавочной машины.	Общая.	Двигатель.	Сѣть.
0,850	0,870	0,739	135	865
0,853	0,873	0,745	138	862
0,859	0,879	0,755	144	856
0,865	0,885	0,766	152	848
0,869	0,889	0,773	157	843
0,875	0,893	0,781	164	836
0,878	0,895	0,785	172	828
0,880	0,898	0,790	183	817
0,882	0,900	0,794	195	805

особенныхъ вспомогательныхъ средствъ и имѣть посредственный коеффициентъ мощности.

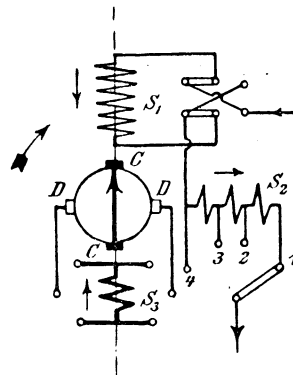
Расположимъ теперь щетки такъ, какъ показано



Фиг. 15.

Фиг. 16.

на фиг. 15, т. е. повернемъ ихъ на нѣкоторый уголъ  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) отъ оси статора, а при пускѣ въ ходъ



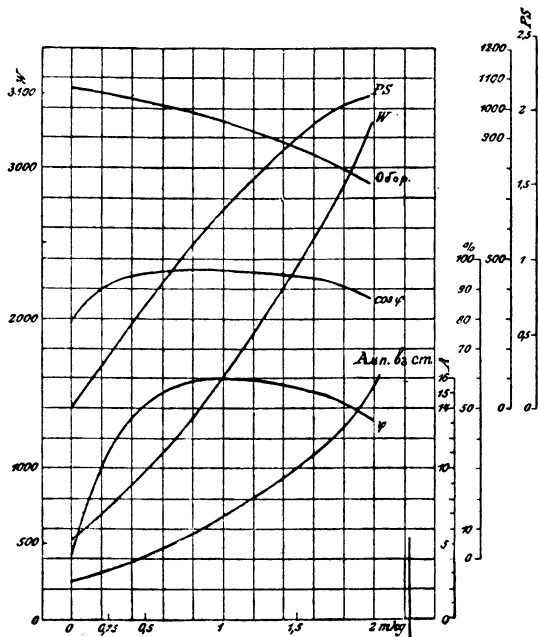
Фиг. 17.

разомкнемъ коротко замкнутую пару (DD); полученный двигатель работаетъ, какъ репульсионный съ большимъ начальнымъ моментомъ. По достиженіи

нормальной скорости можно короткое замыкание щеток DD снова восстановить и двигатель продолжает идти съ почти неизмѣнившейся скоростью. Коэффициентъ мощности этого двигателя приблизительно равенъ таковому же асинхроннаго двигателя съ коротко замкнутымъ роторомъ. Чтобы по возмож-

ключеніемъ послѣдней ескці обмотки  $S_3$  включаютъ группу щеток DD въ цѣпь обмотки  $S_3$ , имѣющей ту же ось, что и рабочая обмотка  $S_1$  (фиг. 17), причемъ скорость почти не измѣняется. Поле возбужденія производится токомъ изъ якоря черезъ щетки DD. Электродвижущая сила въ обмоткѣ  $S_3$  совпадаетъ въ фазѣ съ напряженіемъ у зажимовъ двигателя и, смотря по ея величинѣ, коэффициентъ мощности, въ извѣстныхъ предѣлахъ, можетъ быть выбранъ произвольно, для чего достаточно измѣнять число оборотовъ обмотокъ  $S_1$  и  $S_3$ .

Фиг. 18 даетъ кривыя, характеризующія шестиполюсный двигатель въ 1,3 л. с. для напряженія въ 250 в. и 50 пер./сек. Для сравненія фиг. 19 даетъ характеристику обыкновеннаго асинхроннаго индукціоннаго двигателя съ тѣмъ же статоромъ и съ коротко замкнутымъ роторомъ. Какъ видно, при нормальномъ вращающемъ моментѣ (1 м. кгр.) коэффициентъ мощности индукціоннаго двигателя равенъ только 0,7, тогда какъ двигателя Финна—0,96; коэффициентъ полезнаго дѣйствія, вслѣдствіе тренія щетокъ, у двигателя Финна приблизительно на 2% меньше, что, конечно, не такъ будетъ замѣтно у большихъ двигателей. Двигатель допускаетъ перегрузку въ 2,5 раза; онъ не грѣется ни при пускѣ, ни во время работы. (Е. Т. З.)



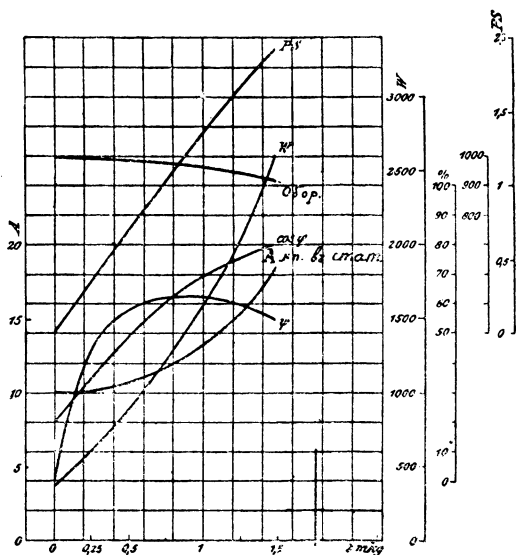
Фиг. 18.

ности поднять коэффициентъ мощности авторомъ приведено нѣсколько схемъ соединеній, изъ которыхъ мы приводимъ наиболѣе совершенныя.

Изъ трехъ статорныхъ обмотокъ  $S_1, S_2, S_3$  (фиг. 16) при пускѣ въ ходъ включаются только  $S_1$  (рабочая

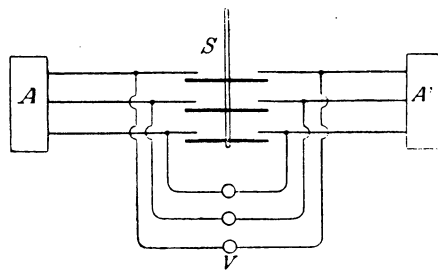
**Устройство для автоматическаго параллельнаго включенія машинъ трехфазнаго тока.** Въ засѣданіи Электротехническаго союза 13 марта, 1906 года, Г. Бенишке сдѣлалъ интересный докладъ на вышеуказанную тему, заключающійся въ слѣдующемъ.

Для параллельнаго соединенія двухъ машинъ перемѣннаго тока требуется, чтобы онѣ находились въ синхронизмѣ. Синхронизмъ достигнуть тогда, когда фазы, а также число періодовъ или угловая скорость, относящаяся къ парѣ полюсовъ, въ обоихъ машинахъ одинакова. Оба условія можно выполнить не совсемъ точно, а только приблизительно; преимущественно одинаковая угловая скорость достигается лишь приблизительно. Пока не произведено параллельное включеніе одна машина всегда будетъ вращаться скорѣе, а другая медленѣе. Поэтому для включенія рубильника S (фиг. 20) нужно выбрать такой



Фиг. 19.

обмотка) и  $S_2$  (возбудительная); цѣпь группы щеток DD еще разомкнута, такъ что двигатель начнетъ вращаться какъ репульсионный. По мѣрѣ того, какъ скорость увеличивается, части обмотки  $S_2$  постепенно выключаются, чѣмъ ослабляется возбужденіе (по направленіи оси DD). Одновременно съ вы-



Фиг. 20.

моментъ, когда при приблизительно равенствѣ угловыхъ скоростей фазы равны. Это, какъ извѣстно, узнается по фазометру, состоящему изъ ламп накаливанія или вольтметровъ, которые включены между обѣими машинами А и А'. Въ этихъ лампахъ накаливанія или вольтметрахъ происходитъ интерференція напряженій обѣихъ машинъ, поэтому видны извѣстные колебанія, такъ что лампы накаливанія то зажигаются, то тухнутъ, или показанія вольтметра измѣняются отъ нуля до двойнаго напряженія. На фиг. 21 видна зависимость кривыхъ. Тонко начерченные волны представляютъ кривыя напряженій обѣихъ машинъ, число періодовъ которыхъ въ этомъ примѣрѣ относится, какъ 8 : 9. Въ суммѣ обѣ кривыя даютъ равнодѣйствующее напряженіе, которое начерчено толстой волнообразной линіей. Отсюда вид-



но, что частота равнодѣйствующаго напряженія почти такая же, какъ у каждой машины. Если частота, слѣдовательно, больше 20, какъ это бываетъ въ примѣняемыхъ на практикѣ переменныхъ токахъ, то быстрыя переменныя не замѣтны ни въ лампахъ накаиванія, ни въ вольтметрахъ, ни въ электромагнитахъ, а замѣтна только периодичность колебанія, которая на фиг. 21 изображена пунктирной линіей. Въ моментъ S фазы равны, равнодѣйствующее напряженіе поэтому равно нулю, лампы накаиванія тухнутъ и вольтметры показываютъ нуль. Въ это мгновеніе, слѣдовательно, существуетъ синхронизмъ, или вѣр-



Фиг. 21.

нѣ почти синхронизмъ, и въ этотъ моментъ можно включить рубильникъ S. Такъ какъ на включеніе рубильника требуется нѣкоторое время, то синхронизмъ долженъ продолжаться извѣстный промежутокъ времени, пока будетъ происходить врубаніе, иначе можетъ случиться, что синхронизмъ кончится раньше, чѣмъ рубильникъ успѣетъ прійти въ соприкосновеніе.

Приборъ, который долженъ автоматически произвести включеніе рубильника S, дѣйствуетъ также только при синхронизмѣ, т. е. при равенствѣ фазъ и приблизительно одинаковой угловой скорости. Фазометръ для этого не годится, потому что хотя онъ и показываетъ на различіе и равенство фазъ, но совершенно не реагируетъ на частоту. Также не годится приборъ для сравненія скоростей автора этого доклада („ETZ“ 1903, s. 401). Его стрѣлка неподвижна, если частоты равны, причемъ безразлично, равны ли фазы, или противоположны, или занимаютъ какое-либо положеніе другъ къ другу.

Приборъ для автоматическаго параллельнаго включенія, который составляетъ тему доклада, состоитъ изъ трехъ частей (фиг. 22): рубильника S, приводима-

рому противодѣйствуетъ пружина F, будетъ притягиваться и отпускаться съ тою же периодичностью, съ какою лампы накаиванія зажигались и тухли. Но такъ какъ включеніе рубильника S можетъ послѣдовать лишь послѣ того, какъ синхронизмъ уже наблюдался нѣкоторое время, то необходимо еще включить замедляющее реле. Съ якоремъ B указателя синхронизма соединенъ контактъ K, который при притяженіи якоря замыкаетъ цѣпь постоянного тока KL. Вслѣдствіе этого поднимается вверхъ желѣзный сердечникъ M замедляющаго реле. Это поднятіе сильно замедляется воздушнымъ тормазомъ, который устроенъ въ реле, такъ что проходитъ нѣкоторое время пока замкнется контактъ P. Если синхронизмъ продолжался не очень долго, то контактъ K размыкается прежде, чѣмъ успѣетъ замкнуться контактъ P, а желѣзный сердечникъ M реле возвращается въ свое первоначальное положеніе. Если синхронизмъ продолжится по крайней мѣрѣ столько времени, сколько требуетъ замедляющее реле, то замкнется контактъ P, а слѣдовательно, и цѣпь постоянного тока PR, а рубильникъ S, приводимый въ дѣйствіе электромагнитомъ, включится и параллельное соединеніе машинъ будетъ выполнено. Замедляющее реле изготовлено Всеобщей компаніей электричества и такъ устроено, что желѣзный сердечникъ при своемъ движеніи вверхъ давитъ на мѣхъ, наполненный воздухомъ, изъ котораго воздухъ можетъ выходить только черезъ маленькое отверстіе. Время, протекающее отъ начала поднятія до замыканія контакта P, колеблется между 2 и 20 секундами. Какъ только разомкнется контактъ K, желѣзный сердечникъ M падаетъ, мѣхъ тотчасъ же наполняется воздухомъ черезъ вентиль и реле снова готово къ дѣйствію.

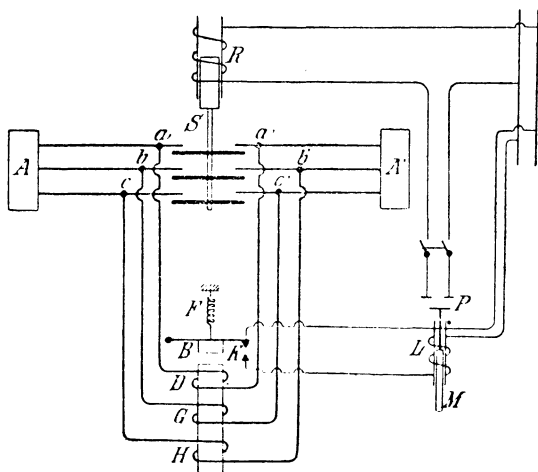
Дѣйствіе указателя синхронизма можно понять только изъ математическихъ выкладокъ, такъ какъ здѣсь мы имѣемъ дѣло съ совокупнымъ дѣйствіемъ трехъ магнитныхъ полей съ взаимнымъ сдвигомъ фазъ.

Далѣе докладчикъ приводитъ математическое изложеніе принципа этого устройства. (Е. Т. Z.)

**Гамметшвандская подъемная машина у Бюргенстока.** На самое высокое мѣсто Бюргенстока, находящагося у Фирвальдштетскаго озера, носящее названіе „Гамметшванд“, куда до сихъ поръ можно было добираться только пѣшкомъ, теперь ведетъ электрическая подъемная машина, подымающая на высоту около 150 метровъ. Скала въ средней своей части почти отвѣсна, въ нижней же и верхней частяхъ образуетъ съ вертикалью уголъ почти въ 10°. Каретка въ нижней части подъемника проходитъ по вырубленной въ скалѣ вертикальной шахтѣ, въ средней же и верхней третяхъ идетъ внутри желѣзной башни четырехугольнаго сѣченія. Нижняя часть этой башни прилегаетъ въ открытомъ прорѣзѣ къ скалѣ, верхняя, напротивъ, подымается свободно, будучи прочно соединена съ отступающей скалой помощью желѣзныхъ скрѣпленій. Послѣднія шире самой башни и захватываютъ всѣ четыре ея угла; они имѣютъ по двѣ пары шарнирныхъ соединеній для избѣжанія препятствія свободному расширенію башни.

Каретка вмѣщаетъ восемь человекъ или 600 кгр. груза; полезная площадь ея пола 1,55×1,8 метра; она сдѣлана изъ дерева и защищена отъ вліяній погоды цинковыми листами.

Скорость подъема 1 метръ въ секунду; время, затрачиваемое на подъемъ, включая пускъ въ ходъ и остановку, отъ 2 мин. 50 сек. до 3 мин. Подъемникъ приводится въ дѣйствіе 15 сильнымъ двигателемъ съ параллельнымъ возбужденіемъ, который при пускѣ въ ходъ можетъ развить 25 лощ. силъ; скорость двигателя—900 оборотовъ въ минуту; токъ въ 900—1200 в. напряженія подводится къ нему отъ силовой станціи Бюргенстокской и Стансенгорнской желѣзныхъ



Фиг. 22.

го въ дѣйствіе электромагнитнымъ способомъ, замедляющаго реле и указателя синхронизма. Послѣдній приборъ заключаетъ оба условія синхронизма, поэтому годится для автоматическаго параллельнаго включенія машинъ. Онъ состоитъ изъ электромагнита съ тремя обмотками D, G и H, которые присоединены указаннымъ на фиг. 22 образомъ къ зажимамъ обѣихъ машинъ A и A'. Благодаря совмѣстному дѣйствію этихъ трехъ обмотокъ якорь B, кото-

дорогъ. Двигатель помощью зубчатого зацепления съ передаточнымъ числомъ 1:7,2 вращаетъ деревянный канатный барабанъ въ 2 метра диаметромъ. Съ послѣдняго по двумъ роликамъ, укрѣпленнымъ на верхушкѣ башни, идутъ къ кареткѣ два стальныхъ каната диаметромъ въ 16 мм., состояще изъ шести стругнъ по 19 проволокъ, диаметромъ въ 1 мм. Такъ какъ въсь каретки вмѣстѣ съ канатами круглымъ числомъ равенъ 1600 кгр., а сопротивление канатовъ разрыву равно  $2 \times 16000$  кгр., то послѣдніе обладаютъ двадцатикратнымъ запасомъ прочности.

Машинное устройство помѣщается въ вырубленной въ скалѣ камерѣ у подножія шахты; тутъ же находятся распределительная доска, реостатъ для пуска въ ходъ двигателя, указатель глубины, тормазный рычагъ и прочіе вспомогательные аппараты, а также площадка для машиниста.

Для достиженія необходимой безопасности во время работы подъемника предназначенъ цѣлый рядъ самодействующихъ приспособленій, помощью которыхъ при возникновеніи неисправности каретка тотчасъ останавливается.

Передъ площадкой машиниста, возлѣ реостата для пуска въ ходъ двигателя, находится указатель глубины. Машинистъ, видя по нему въ любой моментъ положеніе каретки, узнаетъ такимъ образомъ, когда нужно выключить токъ и тормазить. На канатномъ барабанѣ помѣщается мощный ленточный тормазъ, помощью котораго въ крайнемъ случаѣ каретку можно тотчасъ остановить отъ руки. Во время работы тормажение происходитъ автоматически въ моментъ перемѣщенія рычага реостата въ нулевое положеніе слѣдующимъ образомъ. Надъ насаженнымъ на ось двигателя тормазнымъ шкивомъ находятся тормазныя колодки; этотъ тормазъ соединенъ посредствомъ колѣнчатого рычага съ тормазнымъ магнитомъ, который, будучи лишенъ тока, приводитъ тормазъ въ дѣйствіе и, наоборотъ, будучи возбужденъ, отпускаетъ его.

Когда рычагъ реостата находится въ положеніи дѣйствія подъемника, тормазной магнитъ получаетъ токъ, при нулевомъ же положеніи рычага, равно какъ и при разрывѣ главной цѣпи, онъ лишенъ тока.

Для устранения возможности значительнаго возрастанія установленной скорости (60 метровъ въ минуту) предназначены два регулятора скорости. Первый при скорости подъема 70 метровъ въ минуту приводитъ въ дѣйствіе выключатель главной цѣпи. Если бы же почему-либо это приспособленіе бездѣйствовало, и скорость возрастала бы дальше, то при скорости 80 метровъ въ минуту начинаетъ дѣйствовать второй регуляторъ, который отпускаетъ находящееся у каретки захватывающее приспособленіе. Тогда уменьшается натяженіе канатовъ и особый выключатель, дѣйствіе котораго обусловлено именно послѣднимъ явленіемъ, прерываетъ главную цѣпь, а начинающій тогда дѣйствовать тормазъ съ колодками останавливаетъ лебедку.

Далѣе устроены два механическихъ предохранительныхъ приспособленія для своевременной остановки каретки и при невнимательности машиниста, а также и при несчастномъ случаѣ съ нимъ. Первое приспособленіе служитъ для автоматическаго перевода рычага реостата обратно въ нулевое положеніе; начинается оно дѣйствовать вскорѣ по достиженіи кареткой того положенія, когда машинистъ долженъ былъ бы выключить токъ, дабы она остановилась въ надлежащемъ мѣстѣ.

Если бы при бездѣйствіи перваго приспособленія каретка или противовѣсъ вышли за обычный конечный пунктъ, тогда начинается дѣйствовать второе, прерывающее при посредствѣ роговиднаго выключателя главную цѣпь.

На случай прекращенія подвода тока отъ станціи предусмотрено нулевой выключатель, открывающій цѣпь двигателя въ моментъ прерыва тока. Этимъ устраняется возможность появленія опасныхъ для

двигателя и передаточнаго механизма толчковъ, когда токъ вновь появится.

Наконецъ, внутри каретки есть еще рычагъ, находящійся въ связи съ захватывающимъ приспособленіемъ, помощью котораго проводникъ можетъ въ любой моментъ остановить подъемникъ. Когда захватывающіе клинья, поймавъ каретку, останавливаютъ ее, послѣдняя можетъ быть поднята наверхъ отъ руки помощью соотвѣтствующей рукоятки.

Съ наружной стороны башни находится запасная лѣстница, дающая возможность оставлять каретку въ любомъ мѣстѣ башни. (Е. Т. З.).

**Потребленіе энергии электрическими подъемниками.** Для того, чтобы доказать несомнительность предположеній строителей гидравлическихъ подъемниковъ относительно ихъ преимуществъ въ сравненіи съ электрическими подъемниками, состоящихъ, якобы, въ большей надежности дѣйствія и меньшихъ расходахъ, П. Гудъ опубликовалъ рядъ заслуживающихъ вниманія таблицъ, содержащихъ данныя относительно потребленія энергии и стоимости электрическихъ подъемниковъ. Нижеприведенныя цифры относятся къ четыремъ находящимся въ постоянной работѣ подъемникамъ. Таблица I показываетъ ближайшія подробности этихъ установокъ.

ТАБЛИЦА I.

№ установокъ.	Вѣсь каюты въ кгр.	Наивысш. нагрузка въ килограммахъ.	Противовѣсъ въ кгр.	Высота подъема въ м.	Число этажей.
1	458	508	814	20,3	7
2	254	153	330	10,6	4
3	508	381	675	16,5	5
4	610	508	763	23,0	7

Въ таблицѣ II приведены нѣкоторые результаты опытовъ.

ТАБЛИЦА II.

№ установокъ.	Нагрузка въ килограмм.	Время всего подъема въ минутахъ.	Средняя скорость подъема въ м.-мин.	Средній расходъ тока при подъемѣ въ амперахъ.	Средн. напр. жен. въ вольтътахъ.	Расх. энергии во вр. подъема въ килограммъ-часъ.	Стоим. подъема въ коп.
1	508	0,62	32,7	8,2	543	0,046	0,48
2	153	0,32	32,7	12,3	203	0,013	0,14
3	381	0,80	31,6	9,0	498	0,060	0,62
4	508	0,70	20,8	21,4	210	0,053	0,07

Такъ какъ не было возможности опредѣлить степень полезнаго дѣйствія однихъ двигателей, то для нихъ были приняты извѣстныя числа, а затѣмъ вычислены степени полезнаго дѣйствія передачъ и подъемныхъ механизмовъ. Въ таблицѣ III приведены принятыя степени полезнаго дѣйствія.

ТАБЛИЦА III.

№ установокъ.	Доставленная двигателемъ сила въ лощ. силъ.	Полезн. дѣйствіе въ %.	Вычисл. энергия, необходимая для подъема нагрузки, кгт.-ки съ норм. скоростью.	Степень полезнаго дѣйствія подъемника и передача въ %.	Указан. фабрикой сила двигателя въ лощад. силъ.
1	5,97	70	1,85	44	8
2	3,33	60	0,56	28	2
3	5,32	65	0,88	25	5,5
4	6,02	70	2,50	59	8

Разница въ степени полезнаго дѣйствія установокъ № 1 и 4 происходитъ, по всѣмъ вѣроятіямъ,

вслѣдствіе того, что, въ первомъ случаѣ употреблялись направляющія изъ дерева, во второмъ же изъ стали.

Для того, чтобы также опредѣлить расходъ энергии при пусканіи въ ходъ и при остановкахъ, опредѣляли расходъ энергии дважды, во-первыхъ, при подъемѣ на наивысшую высоту безъ остановокъ, и во-вторыхъ, съ остановками въ каждомъ этажѣ. Этотъ опытъ былъ произведенъ съ установкой обозначенной выше № 1, и тогда было установлено, что увеличеніе расхода энергии составляетъ 30%. Такъ какъ этотъ подъемникъ употреблялся, вообще говоря, для подъемовъ черезъ два этажа, то поэтому можно считать увеличеніе расхода энергии въ 15%. Расходъ энергии установки № 1 при различныхъ нагрузкахъ показанъ въ таблицѣ IV.

ТАБЛИЦА IV.

Нагрузка въ килограмм.	Средній расходъ тока при 543 вольтахъ.		Средній расходъ энергии въ кило-ваттъ-часахъ.		Стоимость поѣздки безъ остановки въ копѣйкахъ.	
	вверхъ	внизъ.	вверхъ	внизъ.	вверхъ	внизъ
0	3,4	8,9	0,019	0,050	0,20	0,51
127	3,7	7,1	0,021	0,039	0,22	0,40
254	4,4	5,3	0,025	0,029	0,26	0,30
322	5,9	3,4	0,033	0,019	0,35	0,20
508	8,2	2,9	0,046	0,016	0,48	0,16

(E. T. Z.).

**Развитіе телефонной сѣти въ Германіи.** Приводимъ нѣкоторыя числа, дающія представленіе о развитіи телефоніи въ Германіи. Къ концу 1905 г. число промежуточныхъ станцій достигало 4062, вмѣсто 3770 къ концу 1904; общее число абонентовъ—510831 вмѣсто 444954. Длина воздушныхъ линій увеличилась противъ 1904 года на 9560/100, подземныхъ на 2979%. Число соединеній за 1905 годъ превзошло миллиардъ, что составляетъ въ день около 3000000 разговоровъ. Противъ 1904 года это число увеличилось: для мѣстныхъ соединеній на 10,9%, междугородныхъ—на 22,5% и для дальнихъ на 131%. Къ концу декабря 1905 г. состояніе главнѣйшихъ телефонныхъ сѣтей характеризуется слѣдующими данными:

	Число абонентовъ.	Длина проводовъ въ км.	Число ежедневныхъ разговоровъ.
Берлинъ . . . . .	74836	196678	578422
Гамбургъ . . . . .	31707	65055	271598
Франкфуртъ на М. . . . .	14104	41949	108179
Лейпцигъ . . . . .	13159	69301	62668
Дрезденъ . . . . .	12917	51619	65889
Кельнъ . . . . .	11163	45737	69299
Бреславль . . . . .	9364	19784	66666

	Длина двойной линіи въ км.	Число ежедневныхъ разговоровъ.
Берлинъ - Парижъ (848 км. въ Германіи) . . . . .	1192	53
Берлинъ-Познань-Бромбергъ - Конигсбергъ-Инстербургъ - Тильзитъ-Мемель . . . . .	944	229
Берлинъ-Будапештъ (513 км. въ Германіи) . . . . .	941	9
Берлинъ - Штутгартъ - Базель (417 км. въ Германіи) . . . . .	914	86
Берлинъ - Остероде - Конигсбергъ . . . . .	709	140

Примѣчанія.

{ На участкѣ Берлинъ - Штутгартъ.

Берлинъ-Вѣна (252 км. въ Германіи) . . . . .	686	113
Берлинъ-Дрезденъ-Прага-Вѣна (252 км. въ Германіи) . . . . .	676	127
Берлинъ - Нюрнбергъ - Мюнхенъ . . . . .	665	68
Берлинъ-Мюнхенъ . . . . .	662	120 2 линіи
Берлинъ-Дюссельдорфъ	651	183 2 линіи
Франкфуртъ на Майнѣ-Парижъ (307 км. въ Германіи) . . . . .	651	66
Берлинъ-Маннхеймъ . . . . .	635	85
Берлинъ-Кельнъ . . . . .	633	262
Берлинъ - Ганноверъ - Кельнъ . . . . .	633	198
Берлинъ-Кобленцъ . . . . .	594	37
Берлинъ-Дортмундъ . . . . .	575	108
Берлинъ-Франкфуртъ на Майнѣ . . . . .	574	561 5 линій
Берлинъ - Нордгаузенъ-Кассель-Франкфуртъ-на Майнѣ . . . . .	579	165
Берлинъ-Гагенъ-Бохумъ . . . . .	658	134
Берлинъ-Эссенъ . . . . .	558	140
Берлинъ-Эльберфельдъ	554	93
Берлинъ - Оппельнъ - Глейвицъ . . . . .	553	143
Лейпцигъ-Штутгартъ	519	45
Кельнъ-Лейпцигъ . . . . .	518	109
Франкфуртъ-Гамбургъ	513	236 2 линіи

(L'Eclairage Electrique).

## БИБЛИОГРАФІЯ.

**Ingenieurwerke in und bei Berlin.** Festschrift zum 50 jährigen Bestehen des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin. 1906.

**Инженерныя сооруженія Берлина и его окрестностей.** Издано къ 50 лѣтнему юбилею Общества германскихъ инженеровъ. Берлинъ, 1906 г., 536 стр. in gr. 8°.

50 лѣтній юбилей Союза Германскихъ Инженеровъ, объединяющаго всѣхъ техникувъ Германіи, прошель у насъ почти незамѣченнымъ, если не считать пріѣздившихъ телеграммъ, отправленныхъ между прочимъ и И. Р. Т. О., между тѣмъ какъ въ Германіи это явилось событіемъ.

Передъ нами теперь лежитъ великолѣпно изданная книга, посвященная этому юбилею и имѣющая цѣлью, какъ сказано въ предисловіи, „показать читателю на примѣрѣ столицы то вліяніе, которое дѣятельность инженера съ одной стороны и уровень техническихъ знаний съ другой оказываютъ на городскую жизнь“. Составители этой книги хотѣли показать, въ какой мѣрѣ комфортъ и удобства отдѣльнаго обывателя зависятъ отъ сооруженія тѣхъ или иныхъ устройствъ, и дать читателю полную картину того блестящаго состоянія, той высоты, на которую можетъ быть поставлено городское хозяйство при условіи культурнаго состава муниципалитета и правильного пониманія имъ своихъ задачъ. И картина дѣйствительно получилась грандіозная.

Въ первой статьѣ этого сборника читатель знакомится съ геологическими условіями почвы, на которой выросъ Берлинъ. Оказывается, что точному уясненію геологическаго строенія мѣстности ученые обязаны землянымъ работамъ при постройкѣ туннелей для электрической желѣзной дороги, когда были произведены изысканія и вырыты колодцы до 300—400 метровъ глубиной. Познакомившись съ гео-

логической историей тѣхъ наслоеній, которыя въ результатѣ образовали основаніе Барлина, читатель переходитъ ко второй статьѣ инж. Меллера подъ заглавіемъ „Берлинъ и его средства передвиженія“. Интересно, что увеличеніе числа жителей, какъ это видно изъ приложенныя кривыя, совершается по закону близкому къ параболѣ. Въ статьѣ этой постепенно развертывается картина городского товарнаго и пассажирскаго передвиженія. Насколько велика пропускная способность хотя бы круговой желѣзной дороги видно изъ того, что въ 1905 году она перевезла 170 мил. пассажировъ.

Въ третьей статьѣ посвященной почтѣ и телеграфу дается техническое оборудованіе этихъ учреждений: телеграфа и воздушной почты, сопровождаемое статистическими свѣдѣніями.

Особенно интереснымъ и поучительнымъ является описаніе учреждения для выдачи патентовъ и привилегій. Читая это описаніе, вы постепенно начинаете понимать причину такого поразительнаго роста германской промышленности. Вы видите, какъ здѣсь, если можно такъ выразиться, ухаживаютъ за изобрѣтателемъ, предоставляя къ его услугамъ массу различныхъ справочныхъ изданій, специальной литературы, коллекцій моделей, сгруппированныхъ такимъ образомъ, что проще и придумать нельзя. Вы убѣждаетесь, что государство, сохраняя за собою право охранять интересы частныхъ лицъ, осуществляетъ его въ широкой мѣрѣ, не затрудняя никого излишними проволочками, но наоборотъ, идя изобрѣтателю навстрѣчу.

То же самое относится и къ описываемой въ слѣдующей главѣ всемірно-извѣстной физикохимической государственной лабораторіи, соотвѣтствующей нашей палатѣ мѣръ и вѣсовъ.

За этимъ идетъ описаніе лабораторій Шарлоттенбургскаго политехникума: машинной, гидравлической, технологической и др. Каждая изъ нихъ очень интересна, но описаніе ихъ завело бы насъ слишкомъ далеко.

Точно также, къ сожалѣнію, мы не можемъ остановиться и на главѣ, посвященной институту для испытанія матеріаловъ, также единственному въ своемъ родѣ.

Дальнѣйшая часть книги содержитъ въ себѣ уже описаніе чисто городскихъ сооружений, какъ, напримеръ, конструкцій мостовыхъ, профилей различныхъ улицъ и прокладки различныхъ канализаций.

Впрочемъ, водопроводу и канализации посвящены двѣ отдѣльныя обширныя главы, гдѣ сгруппированы всѣ чертежи и данныя такимъ образомъ, что читатель можетъ получить полное понятіе даже о многихъ деталяхъ проектовъ, объ ихъ стоимости и методахъ расчета при этомъ примѣненныхъ. Такъ, напримеръ, въ главѣ о водопроводѣ приводится историческій очеркъ, затѣмъ ходъ различныхъ изысканій, переходъ отъ водоснабженія рѣчной водой къ грунтовымъ водамъ, планъ разбивки грунтовыхъ колодезевъ и детали ихъ устройства, планы сѣтей, насосныхъ станцій и даже детали клепанныхъ резервуаровъ.

Точно также подробно описаніе и устройство канализации и исчисленіе стоимости работъ, причемъ приведены даже чертежи насосовъ.

Около трехъ слѣдующихъ главъ посвящены газовымъ заводамъ и находящимся въ связи съ этимъ машинамъ для разгрузки и транспорта угля, угльнымъ элеваторамъ и т. д. Описаніе и чертежи этихъ сооружений, равно какъ и статистическія свѣдѣнія съ диаграммами потребленія Берлиномъ газа, не оставляютъ ни одной сколько нибудь неясной грани въ такомъ разностороннемъ дѣлѣ.

Наиболѣе интересными для нашихъ читателей будутъ, конечно, главы подъ заглавіемъ „Берлинскія электрическія станціи“ и „Электрическія желѣзныя дороги“. Достаточно сказать, что въ истекшемъ 1905 году городскія берлинскія станціи, не считая част-

ныхъ, отпустили 105 миллионъ киловаттъ-часовъ энергии. Изъ обзорнаго плана расположенной станцій и подстанцій мы видимъ, что весь Берлинъ обслуживается постояннымъ токомъ подъ напряженіемъ частью  $2 \times 110$  в, а частью въ  $2 \times 220$  в. Напряженіе городскихъ трамваевъ 500 в., какъ обыкновенно.

Наиболѣе совершенной является, конечно, станція въ кварталѣ Моабитъ, гдѣ поставлены паровыя поршневыя машины по 6000 лош. с. каждая, что во время устройства ея 4 года тому назадъ являлось крайнимъ предѣломъ.

Расходъ пара этихъ машинъ—6,6 кгр. на квт.-часъ при полной нагрузкѣ. Изъ частныхъ станцій наиболѣе грандіозной является электрическая станція извѣстнаго торговаго дома Вертгейма, мощностью въ 5000 силъ, устроенная по американски, то есть, котлы надъ машинами.

Электрическая воздушная и подземная желѣзная дорога, была, какъ оказывается изъ приложеннаго историческаго очерка, цѣликомъ проектирована какъ воздушная, т. е. на вѣдукахъ. Но когда были установлены первыя фермы еще въ неотдѣланномъ видѣ, то берлинская публика испугалась, что улицы будутъ обезображены, въ обществѣ и въ печати стали все чаще и чаще раздаваться голоса въ пользу того, чтобы снести уже поставленные сооруженія и устроить всю дорогу подъ землею, какъ парижскій метрополитѣнъ. До этого, конечно, дѣло не дошло, но акціонерное общество согласилось всю остальную линію провести въ туннеляхъ. Въ относящемся сюда очеркѣ читатель найдетъ всѣ интересующія его данныя техническаго и статистическаго характера.

Обширная глава посвящена также недавно закончившемуся своей постройкой каналу Тельтовъ, соединяющему Шпрее съ Гавелемъ. Кромѣ строительныхъ деталей мостовъ и шлюзовъ, читатель найдетъ здѣсь описаніе электрической тяги судовъ устроенной на каналѣ, описанной въ свое время въ „Электричествѣ“. Послѣднія главы посвящены описанію главнѣйшихъ берлинскихъ заводовъ: „Всеобщей компаніи электричества“, „Сименсъ и Гальске“, Шварцкопфа, Борзига и др.

Такимъ образомъ содержаніе разбираемаго нами изданія является очень богатымъ, разностороннимъ и интереснымъ для всякаго близко стоящаго и интересующагося городскимъ хозяйствомъ. Для техника же книга эта представляетъ и объективный интересъ, такъ какъ приводимые и описываемые въ ней проекты и сооруженія являются въ своемъ родѣ образцовыми произведеніями инженернаго гения. Нечего и прибавлять, что внѣшность изданія безукоризненна.

*И. Троцкий.*

**Гальваническіе элементы съ жидкостями и сухіе.** Устройство, примѣненія и уходъ за ними. Переводъ съ дополненіями и измѣненіями соч. Norman H. Schneider „Modern Primary Batteries“. К. Гессель. Изданіе книжнаго магазина И. К. Голубева. Москва. 1907. 131 стр. въ 8°. Цѣна 1 рубль.

Книжка г. Шнейдера, повидимому, недурная сама по себѣ, какъ практическое руководство, въ сильной степени испорчена неудачнымъ переводомъ г. Гесселя. Не имѣя подъ рукою оригинала, мы не можемъ видѣть, какія именно „измѣненія и дополненія“ слѣданы переводчикомъ. Повидимому, они заключаются въ главѣ V, описывающей сухіе элементы и заимствованной изъ книжки А. Грушке, какъ объ этомъ означено въ примѣчаніи. Во всякомъ случаѣ, кромѣ общей шероховатости языка, мы позволимъ себѣ указать нѣкоторыя неточности. Такъ, напримеръ, на страницѣ 4-й внизу мы находимъ, что „одинъ амперъ-часъ есть токъ силою въ одинъ амперъ, продолжающийся въ теченіи часа“, тогда какъ нѣсколькими строками выше мы находимъ болѣе правильное опредѣленіе амперъ-часа, какъ количества электричества

Непонятно далѣе, что можетъ дать читателю, котораго авторъ или переводчикъ предполагаютъ абсолютно незнакомымъ съ химическими основаніями дѣйствія гальваническихъ элементовъ, такое опредѣленіе: „названіемъ электродвигательной силы обозначается разность потенциаловъ между полюсами“. Въ общемъ какъ руководство для любителей книжка эта можетъ расчитываться на извѣстный спросъ, хотя цѣну ея въ 1 рубль за неряшливо изданные 9 печатныхъ листовъ нельзя не признать нѣсколько высокою.

I. T.

**Die Freileitungen. Ihre Konstruktion, Anordnung, Anwendung.** Von **H. Pohl**, Oberingenieur. Mit 132 Abbildungen im Text. Leipzig. Verlag von S. Hirzel, 1906.

**Инж. Поль. Воздушная проводка.** Ея конструкция, устройство и расчетъ. Съ 132 рисунками въ текстѣ. Лейпцигъ. Изданіе С. Гирцеля, 1906. VIII+142 стр. in gr. 8°. Цѣна М. 5—2 р. 50 к.

Настоящая книга представляетъ собою отдѣльный оттискъ изъ громаднаго изданія чуть ли не въ 12 томовъ, подъ общимъ заглавіемъ „Handbuch der Elektrotechnik“, предпринятаго фирмой Гирцеля въ Лейпцигѣ. Необходимость отдѣльнаго выпуска этой главы обуславливается, по мнѣнію автора и издателя, тѣмъ, что до сихъ поръ не имѣется еще специальной книги, гдѣ бы въ связной формѣ были бы трактованы вопросы, связанные съ устройствомъ воздушной канализаціи токовъ очень высокаго напряженія на далекія разстоянія, и этотъ именно пробѣлъ и предполагается заполнить лежащей предъ нами брошюрой.

Заглавіе этой книги, именно „Freileitungen“, мы перевели словами „Воздушная проводка“. Терминъ этотъ, конечно, не совсѣмъ точный. Подъ словомъ Freileitungen, какъ это видно изъ „Правилъ безопасности, выработанныхъ Союзомъ германскихъ электротехниковъ“, слѣдуетъ понимать такія именно канализаціи, въ которыхъ провода монтированы внѣ зданій и сооружений и при томъ безъ специальныхъ приспособленій на случай пожара. Въ такихъ канализаціяхъ провода укладываются голые на изоляторахъ, причемъ опорами служатъ или специальные мачты, или кронштейны, укрѣпленные на стѣнахъ зданій.

Такимъ образомъ, тема этой книги вторгается одинаково въ область техники какъ слабыхъ, такъ и сильныхъ токовъ, и является важной для техниковъ въ общихъ областяхъ.

При чтеніи брошюры г. Поля съ первыхъ страницъ бросается въ глаза само собой то, что написана она не самостоятелно, а для извѣстнаго изданія въ связи съ предшествующими и послѣдующими статьями. Этимъ объясняется и характеръ ея изложенія, нѣсколько отрывочный и компилятивный, и вмѣстѣ съ тѣмъ тотъ общій стиль, который такъ свойственъ книгамъ справочнаго характера.

Вмѣстѣ съ тѣмъ во всей книгѣ чувствуется желаніе автора использовать рѣшительно всю литературу, разбросанную по разнымъ источникамъ, благодаря чему чуть ли не на каждой страницѣ фигурируетъ большое число ссылокъ, выносокъ и примѣчаній.

Какъ водится въ большихъ изданіяхъ, общихъ и специальныхъ энциклопедіяхъ, такъ и здѣсь авторъ предпосылаетъ своей статьѣ или брошюрѣ—называете, какъ хотите—исторической очеркъ. Начинаетъ онъ чуть ли не съ 1727 года, когда нѣкто Стефанъ Грей впервые наблюдалъ распространеніе электрическаго тока въ проводахъ изъ шелковой нити, протянутой на разстояніи 700 футовъ.

Намъ лично кажется, что такого рода историческія справки въ такомъ специальномъ отдѣлѣ представляютъ только совершенно излишній балластъ. Имъ мѣсто въ общей исторіи физики и электричества, но совсѣмъ не въ отдѣльной книгѣ, посвященной совершенно узкой отрасли, именно устройству

воздушной канализаціи. Но это, конечно, замѣчаніе несущественное.

Переходя собственно къ содержанію книги Поля можно отозваться о ней только съ положительной стороны. Читатель найдетъ здѣсь дѣйствительно то, что обѣщано въ заглавіи, именно и конструкцію, и установку, и расчетъ воздушныхъ проводовъ. Онъ найдетъ здѣсь и описаніе различныхъ способовъ пропитыванія мачтъ и конструкцію ихъ, какъ деревянныхъ такъ и желѣзныхъ, подсчетъ пролетовъ, провѣса проводовъ, площади сѣченія мачтъ и таблицы ихъ моментовъ сопротивленія. Конструкціи и размѣры кронштейновъ, изоляторовъ, вводъ проводовъ въ зданія и укрѣпленія проводовъ на изоляторахъ, разобраны, конечно, съ той подробностью, которой мы вправѣ требовать отъ специального сочиненія.

Какъ мы уже сказали выше, характеръ книга носитъ компилятивный и новаго въ ней развѣ то, по сравненію съ другими книгами, что было помѣщено на страницахъ журналовъ за то время, которое раздѣляетъ время ихъ выпуска. Въ этомъ отношеніи интересны нѣкоторыя установки для перехода проводовъ черезъ желѣзнодорожные пути и способы подвѣшивать провода въ случаѣ большихъ пролетовъ. Нелишнимъ является въ книгѣ сравнительное описаніе матеріаловъ и конструкцій, применяемыхъ различными фирмами, а также приспособленія для огражденія канализаціи слабого тока отъ трамвайныхъ линий и способы повѣрки и нахожденія поврежденія установокъ. Какъ на пробѣлы можно указать на отсутствіе описанія желѣзобетонныхъ мачтъ, пригодныхъ въ случаѣ дешевыхъ цѣнъ на цементъ, а также способовъ подвѣшивания проводовъ въ сложныхъ случаяхъ пересѣченія линий и ихъ закругленій. Къ достоинствамъ книги слѣдуетъ еще отнести приложенную литературу предмета, а также и очень изысканную внѣшность.

I. Троицкій.

**Elektrische Telegraphie.** Siebente Auflage, dem gegenwertigen Stande der Technik entprechend vollständig neu bearbeitet von **Georg Schmidt**, Oberingenieur. Mit 484 in den Text gedruckten Abbildungen. Verlagbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig. 1906.

**Электрическая телеграфія.** Седьмое изданіе, вновь переработанное соотвѣтственно современному состоянію техники **Георгомъ Шмидтомъ**. Съ 484 рисунками въ текстѣ. Книгоиздательство I. I. Вебера въ Лейпцигѣ. 1906. XV+474 стр. in 8. Цѣна въ перепл. 6 марокъ—3 руб.

Настоящее руководство пользуется въ Германіи большою распространенностью, о чемъ свидѣтельствуется появленіе ея въ седьмомъ изданіи. Первоначальныя изданія были составлены извѣстнымъ въ свое время директоромъ почтъ и телеграфовъ Людвигомъ Галле и дополняясь и обрабатываясь они достигли наконецъ солиднаго объема чуть ли не въ 500 стр. убористой печати лежащаго предъ нами томика. Такой успѣхъ книжки надо признать вполне заслуженнымъ. Изложить сложное телеграфное дѣло, начиная съ его основаній и кончая современными новѣйшими усовершенствованіями, и при томъ не въ общихъ чертахъ, но давая детальное описаніе разнообразныхъ аппаратовъ, схемъ включенія въ такой формѣ, которая явилась бы удобопонятной для средняго читателя и работника—дѣло далеко не легкое, и если авторы ставили себѣ задачей ознакомить телеграфныхъ служащихъ съ технической стороной ихъ дѣла, чтобы позволить имъ сознательно къ нему относиться, то надо признать, что задача эта выполнена ими прекрасно.

Послѣ первоначальнаго знакомства съ дѣйствіемъ электрическаго тока, гальваническихъ элементовъ, электромагнетизма и электромагнитной индукціи, авторъ описываетъ употребительное на практикѣ въ телеграфномъ дѣлѣ элементы и способы ихъ включенія. Отъ элементовъ онъ переходитъ къ проводкѣ, къ матеріаламъ для проводовъ, способамъ ихъ соеди-

ненія и подробно знакомить читателя со всѣми способами проводки сѣти, укрѣпленія изоляторовъ, необходимыхъ для этого инструментами и пр. Только послѣ подробнаго описанія конструкции и укладки подземныхъ кабелей слѣдуетъ объясненіе дѣйствія электромагнитныхъ телеграфовъ, которому предпосланъ краткій историческій очеркъ развитія телеграфированія при помощи электрическаго тока.

Интересно прослѣдить, страница за страницей, какъ гениальная по простотѣ идея американца Морзе все усложняется и развивается во всѣхъ своихъ деталяхъ, придумываются новыя реле, выстукиватели, наконецъ, печатающіе телеграфы различныхъ системъ, телеграфы спеціальныя, напримѣръ, биржевыя, наконецъ телеграфы передающіе одновременно нѣсколько депешъ—все это представляетъ собою ничто иное, какъ развитіе одной и той же идеи Морзе. Очень интересна статья о телавтографахъ. Читатель, встрѣчавшій на страницахъ нашего журнала описаніе нѣкоторыхъ системъ этого рода, найдетъ на страницахъ 179—186 разбираемой книжки эти системы въ сгруппированномъ видѣ.

Не вездѣ авторъ старается ограничить себя строго размѣрами своей задачи. Такъ какъ въ нѣкоторые аппараты, напримѣръ, въ телеграфныя, входитъ какъ одна изъ составныхъ частей механизма и телефонъ, авторъ находитъ необходимымъ изложить основанія его устройства.

Изложенію системъ и аппаратовъ, принятыхъ въ германскомъ телеграфномъ вѣдомствѣ, посвящена спеціальная глава (стр. 225—287). Этихъ системъ три: во-первыхъ, система пишущаго телеграфа Морзе, автоматическій телеграфъ Уитстона и система печатающаго телеграфа Гюгеса (Hughes). На подробномъ описаніи дѣйствія и ухода каждаго аппарата этихъ системъ и заканчивается первая половина книги, занятая общей телеграфіей.

Вторая часть, посвященная спеціальной телеграфіи, начинается съ устройства желѣзнодорожныхъ телеграфовъ. Здѣсь читатель найдетъ классификацію различныхъ системъ желѣзнодорожнаго телеграфа, устройство спеціальныхъ аппаратовъ, сигнальныхъ будокъ, приспособленія для подачи сигнала съ поѣзда въ пути, приборы для измѣренія скорости поѣзда, желѣзнодорожныя телефоны и пр.

Спеціальная глава посвящена пожарнымъ телеграфамъ. Описание разныхъ системъ пожарныхъ сигнализаций, предложенныхъ фирмами Миксъ и Генестъ, Сименсъ и Гальске и др. даетъ богатый матеріалъ по этому вопросу, одному изъ наиболѣе интересныхъ, равно какъ и слѣдующая глава, посвященная способамъ сигнализации на театрѣ военныхъ дѣйствій. Въ одной изъ предыдущихъ рецензій намъ приходилось говорить о книжкѣ г. Андреева „Телефоны и сигнализациа“, написанной на основаніи опыта минувшей войны. Тамъ читатель найдетъ болѣе современную критику нѣкоторыхъ описываемыхъ здѣсь системъ.

Нечего, конечно, и говорить о томъ, что телеграфированіе безъ проводовъ есть совершенно особая отрасль, требующая и спеціальной подготовки. Но тѣмъ не менѣе понятіе о принципахъ, на которыхъ основано дѣйствіе беспроводнаго телеграфа, необходимо имѣть каждому технику слабыхъ токовъ. Съ этой точки зрѣнія надо признать вполне умѣстнымъ, что авторъ удѣлил нѣсколько страницъ краткому историческому очерку развитія беспроводныхъ телеграфовъ, гдѣ имѣется и карта Европы съ нанесенными на ней станціями.

Послѣднія двѣ три главы посвящены уже приложеніямъ слабыхъ токовъ къ сигнализации въ различныхъ случаяхъ, напримѣръ, для указателя уровня воды въ котлахъ, для управленія судовыми машинами, рулемъ, электрическимъ часамъ, указателямъ давления газа въ газгольдерахъ, температуры, времени, чисель оборотовъ и вообще всѣмъ тѣмъ измѣрительнымъ аппаратамъ, при помощи которыхъ можно по-

лучить отсчетъ и прочесть показаніе, находясь вдали отъ самаго предмета, надъ которымъ производится измѣреніе.

Книжка г. Шмидта оставляетъ послѣ себя впечатлѣніе очень солиднаго, удачно составленнаго и удачно изданнаго труда, и намъ остается только пожелать скорѣйшаго ея перевода на русскій языкъ.

*И. Троицкій.*

**Etat actuel des industries electriques.** Conférences faites sous les auspices de la Société française de physique et de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris. Gauthier-Villars éditeur, 1906.

**Современное состояніе электротехнической промышленности.** Лекціи, читанныя при содѣйствіи Французскаго Физическаго Общества и Общества поощренія отечественной промышленности. Изданіе Готье-Виллара. Парижъ. 1906 года. 246 стр. in 8.

Въ настоящее время является уже общепринятою истиной, чуть ли не банальностью, что какъ въ чистой наукѣ, такъ и въ техникѣ существуетъ законъ эволюціи.

Каждое открытіе и изобрѣтеніе, какимъ бы новымъ и оригинальнымъ само по себѣ оно ни казалось, является результатомъ совокупности трудовъ многихъ другихъ людей, обусловлено всѣми предшествующими открытіями въ этой же области; оно какъ бы естественно изъ нихъ вытекаетъ и въ свою очередь обусловливаетъ собой дальнѣйшее движеніе впередъ. Считаая поэтому, что каждая данная техническая или научная идея представляетъ собою итогъ дѣятельности многихъ лицъ, мы называемъ обыкновенно изобрѣтателемъ ея того, кто даетъ ей или лучшую научную формулировку, или лучшее техническое выполнение.

Въ этомъ въ краткихъ чертахъ и заключается органическое эволюціонное развитіе данной области знанія. Стоя на такой точкѣ зрѣнія, признавая отдѣльныя открытія не случайными, но исторически необходимыми, мы можемъ начертать себѣ всю схему развитія науки въ прошломъ, какъ развитіе одной или нѣсколькихъ идей, остановиться на ея современномъ состояніи, на той ступени развитія, на которой она стоитъ въ настоящее время и затѣмъ, представляя себѣ возможное развитіе этихъ идей въ будущемъ, начертать себѣ болѣе или менѣе вѣроятнотѣ направленія, по которымъ будетъ направлено движеніе технического и научнаго прогресса въ будущемъ. Такого рода попытки въ высшей степени интересны и поучительны, и лежащая передъ нами книга, представляющая изъ себя нѣсколько лекцій профессоромъ Высшей школы электричества въ Парижѣ, представляютъ собою и одну изъ интереснѣйшихъ такихъ попытокъ.

Начинается она рѣчью Поля Жане на тему: „О тенденціяхъ и стремленіяхъ современной электротехники“. Авторъ ея, послѣ краткаго обзора послѣднихъ 15 лѣтъ, ставитъ себѣ нѣсколько интересныхъ вопросовъ. Онъ разсматриваетъ, какія измѣненія конструкции машинъ вызвало все возраставшее до сихъ поръ увеличеніе напряженія. Онъ показываетъ, какъ естественнымъ слѣдствіемъ этого явилось увеличеніе діаметра и притомъ въ большей мѣрѣ, чѣмъ ширины, уменьшеніе числа оборотовъ и увеличеніе моментовъ инерціи, какъ въ машинахъ постояннаго тока явилась потребность въ искусственной коммутаци, искусственномъ охлажденіи и прочее. Не останавливаясь на всемъ этомъ, мы скажемъ только, что г. Жане, выводя логически каждое изобрѣтеніе и нововведеніе, какъ требованіе выдвигаемое жизнью, доводитъ незамѣтно читателя или слушателя до описанія современной машины и эта послѣдняя является для него не совокупностью случайныхъ улучшеній, но исторически необходимымъ типомъ. Въ своемъ анализѣ г. Жане не ограничивается исключительно

машинами, но и переносить его и на электрические станции, рассматриваемая, как совокупность нескольких генераторных групп. От проблем производства, связанных с вопросами централизации и децентрализации он переходит к проблемам распределения, к новым двигателям переменного тока для распределения работы и к новым лампам накаливания для освещения.

Полученная таким образом читателем блестящая картина современного развития электротехники в области производства и трансформирования механической энергии, дополняется очерком „Новейшего прогресса электротехники“, принадлежащем профессору Шома. Главнейшее внимание автора обращено на усовершенствование электрических печей и на такие отрасли электротехники или скорее электрометаллургии (рафинирование меди, фабрикация алюминия, хлора и др.), с которыми читатели наши знакомы по периодическим обзорам г. Л. Гурвича, помещаемых в „Электричество“. Не останавливаясь поэтому даже на таких важных в металлургии производствах, как например, феррохрома, ферросилиция, или озона и ванилина, мы перейдем к лекциям проф. Пику и Бушро, трактующим соответственно об основах проектирования машин постоянного тока и альтернаторов. Первая из них, излагающая применение основных законов электричества и магнетизма к расчету машин и построению их характеристик не содержит ничего такого, что не заключалось бы во всяком учебнике и интересна скорее по изящной форме, чем по содержанию.

Гораздо более оригинальна и содержательна лекция Бушро. Автор полемизирует в начале против установившегося обычая выбирать число оборотов альтернатора сообразно с его двигателем, а не наоборот. Затем он разбирает интересный вопрос о смещении пента тяжести машины и происходящей от этого неравномерности притяжения полюсами, доказывая таким образом, что прочные размеры далеко не определяются влиянием вѣса или одной центробежной силы, а многими побочными соображениями. Вообще лекция эта интересна тем, что автор предполлагает своих слушателей уже знакомыми с главнейшими принципами электротехники и останавливается лишь на тех вопросах, которые обходятся в элементарных курсах, несмотря на то, что значение их на деле очень велико. Очень подробно г. Бушро останавливается на резонансе и на вызывающих его высших гармонических колебаниях. Особенное значение при этом он придает влиянию зубцов armатуры, так как высшие гармонические пристокающие от формы полюсов занимают только нечетные мѣста в ряду Фуры и могут быть компенсированы соответственным соединением звѣздой или треугольником; между тем в колебаниях, пристокающих от зубцов armатуры, могут имѣть мѣсто гармонические с амплитудой переменной во время периода.

В дальнейшем мы останавливаемся только на главнейших моментах лекций г. Бушро. Таковыми является: реакция альтернаторов, кинетическая вариация возбуждения, то есть уменьшение силы тока возбудителя сидящего на валу альтернатора, вследствие уменьшения угловой скорости вращения при падении напряжения машины, параллельное соединение альтернаторов и компаундирование их. Мы особенно рекомендуем нашим читателям ознакомиться с этой лекцией известного французского электротехника. Не загромождая своих читателей балластом длинных математических выкладок, он излагает труднейшие вопросы техники переменных токов в чрезвычайно оригинальной элегантной и строгой форме, свойственной этому знаку предмета.

Другие лекции этого сборника, как „Электродвигатели в промышленности“ Гиллэре, „Современное

состояние фабрикации аккумуляторов“ Жюмо, „Прогресс электрического освещения в новейшее время“ Вейса и „Современное развитие телефонного дела“ Туанна представляют интерес, конечно, главным образом с точки зрения даваемых слушателям фактических сведений, являясь естественным дополнением к знаниям, почерпнутыми ими из учебных курсов.

Данный сборник представляет собою очень удачную характеристику господствующих теперь в теории и практик электротехники течений и отличается очень идейным содержанием. Большое число основанных на фактах обобщений и перспективных взглядов, как в историю данной отрасли техники, так и в ее ближайшее будущее, имѣет большое педагогическое значение, расширяя кругозор и приучая читателя-техника в каждой своей работе становиться на более широкую точку зрения.

1. Троицкий.

**Was haben wir von der Gasturbine zu erwarten? Eine eingehende Studie vom Standpunkt des Turbinenpraktikers. Von Felix Langen, Ingenieur.** Verlag von C. J. E. Volckmann, Rostock. 1906.

**Что можем мы ожидать от газовой турбины?** Детальный разбор с точки зрения практика в турбиностроении. **Инженера Феликса Лангена.** Издание Фолькманн в Ростокѣ. 1906. 58 стр. в 8. Цѣна 1 м.—50 к.

Вопрос, выписанный в заглавии этой брошюры, является в настоящее время одним из самых модных. И в самом деле чего можем мы ожидать от этого будущего двигателя, занимающего в настоящее время целый ряд конструкторов и изобрѣтателей? Явится ли в самом деле эта машина будущего тем идеальным тепловым двигателем, наиболее простым и наиболее экономичным, наилучше осуществляющим в себѣ термодинамические процессы—двигателем, который заставит нас отказаться от ныне существующих газомоторов, паровых машин и даже турбин или мы натолкнемся здѣсь на неодолимые трудности? Наконец, в чем будут состоять эти трудности, в теоретическом ли отношении или в невозможности практически выполнить то, что нам кажется наглядным и простым в теории? Вот вопросы, на которые естественно распадается тот, который задает автором в заглавии и на который он старается дать отвѣтъ на страницах своей брошюры. И надо отдать справедливость автору, что он к этому разностороннему предмету подходит именно с той стороны, с которой это является наиболее логичным. Он спрашивает себя прежде всего, чем плохи наши существующие двигатели, в отношении их экономичности и их дешевизны. В этом стремлении к турбинам он подмѣчает прежде всего господствующую теперь антипатию ко всяким двигателям с инерцией поступательно движущихся масс—антипатию, навѣянную в значительной мѣрѣ электротехническими требованиями равномерности хода. С другой стороны, удовлетворяющая этим требованиям паровая турбина требует громоздких котельных устройств. Къ этому присоединяется еще требование эластичности, способности к перегрузкѣ в достаточно широких предѣлах, отсутствием чего страдают существующие газовые двигатели. Газовая турбина должна быть, конечно, свободна от этих недостатков и только в таком случае сможет она успѣшно конкурировать и даже вытѣснить существующие машины и двигатели.

Основным и главным вопросом является, конечно, экономичность. Автор подсчитывает подробно термической коэффициент полезного действия идной из больших существующих турбин мощностью в 3000 квт., равный 15,7%. Он изслѣдует далее, до чего вообще возможно при теперешнем

состоянии металлургии и качества имѣющихся материаловъ возвысить термическую отдачу. Въ результатѣ расчетовъ, при которыхъ максимальный перегрѣвъ пара онъ принимаетъ  $500^{\circ}$  С, а вакуумъ въ  $94\%$ , термическій коэффициентъ получается равнымъ  $20,5\%$ , въ то время какъ отдача большихъ газовыхъ двигателей можетъ достигать  $24-25\%$ . Этими цифрами и придется руководствоваться при сравненіи съ газовой турбиной.

Прежде всего г. Лангенъ доказываетъ, что механический коэффициентъ полезнаго дѣйствія газовой турбины долженъ быть ниже, чѣмъ паровой. Причины этого коренятся въ почти неустранимыхъ условіяхъ. И дѣйствительно, мы принуждены здѣсь работать при одной ступени давленія и различныхъ степеняхъ скоростей, какъ въ активной турбинѣ—вслѣдствіе высокой температуры. Мы не можемъ затѣмъ доходить до такихъ высокихъ скоростей на периферіи, какъ въ одноступенчатой активной паровой турбинѣ, такъ какъ прочность лопатокъ и вѣнца, на коемъ онѣ укрѣплены, ослабляется высокими температурами. Далѣе, въ газовой турбинѣ на 1 кгр. смѣси газа съ воздухомъ освобождается большое число калорий, —отсюда большія скорости и потери на треніе и нѣкоторыя другія причины.

Что же касается многоярусныхъ реактивныхъ газовыхъ турбинъ, то о нихъ пока и думать нельзя, такъ какъ вмѣсто металла при столь высокихъ температурахъ пришлось бы обратиться къ кварцу и фарфору и другимъ трудноплавкимъ материаламъ, такъ что въ ихъ разсмотрѣніи авторъ не вдается.

Но кардинальнымъ пунктомъ здѣсь служить вопросъ о сжатіи, и необходимости устраивать компрессоръ, центробѣжный или поршневой, является ахиллесовой пятой газовой турбины. И дѣйствительно вычисленія автора даютъ выразительные результаты, что поршневые компрессоры экономичнѣе турбокомпрессоровъ, но даже энергія поглощаемая первыми такъ велика, что термическая отдача газовой турбины не превзойдетъ  $12,5-13\%$ ; максимальная же отдача опредѣляется авторомъ въ  $15\%$ .

Авторъ доказываетъ далѣе, что и съ точки зрѣнія основныхъ издержекъ газова турбина съ поршневымъ компрессоромъ окажется убыточнѣе паровой установки, и даже при наличности газовъ доменныхъ печей выгоднѣе будетъ сжигать ихъ въ топкахъ паровыхъ котловъ, нежели пускать ихъ въ сопло газовой турбины. Единственнымъ исходомъ могло бы служить созданіе такого компрессора, въ которомъ бы химическая энергія газа непосредственно могла бы безъ большихъ потерь превращаться въ потенциальную энергію сжатаго газа, но даже и при этомъ компрессорѣ, изобрѣтеніе котораго довольно гипотетично, максимальная отдача не превзошла бы  $24\%$ . Въ дальнѣйшемъ авторъ дѣлаетъ примѣрный расчетъ газовой турбины и намѣчаетъ ея конструктивное выполнение.

Такъ для турбины мощностью около 10000 силъ при 3000 оборотахъ диаметръ получается въ 1500 мм., а площадь всего въ  $2 \times 3$  м<sup>2</sup>. Вся камера, гдѣ происходитъ будетъ процессъ сгорания, проектируется авторомъ изъ кварца.

Въ дальнѣйшемъ авторъ выясняетъ также полную непригодность и малыхъ газовыхъ турбинъ, работающих безъ сжатія, по процессу Лемуара—отдѣльными вспышками; отдача этихъ турбинъ, которыя были бы очень пригодны, напримѣръ, для автомобилей, опредѣляется въ  $14\%$ , но онѣ едва ли вполне пригодны въ виду высокихъ температуръ до  $1200^{\circ}$  С.

Такимъ образомъ результаты аналитическаго изслѣдованія вопроса оказываются тѣмъ менѣе утѣшительными, что суть дѣла коренится скорѣе въ побочныхъ механизмахъ. При теперешнемъ состояніи машиностроенія вполне возможно построить

компактную, надежную и довольно экономичную, примѣръ, съ  $50\%$  отдачей, газовую турбину, но вся выгода ея будетъ поглощена необходимымъ для ея работы компрессоромъ, и въ лучшемъ случаѣ, какъ мы уже говорили, отдача едва ли достигнетъ  $15-20\%$  при полной нагрузкѣ. При нагрузкѣ же частичной, отдача можетъ быть и отрицательной, такъ какъ регулированіе компрессора довольно затруднительно, и поглощаемая имъ энергія при малыхъ нагрузкахъ будетъ едва ли многимъ меньше, чѣмъ при большихъ. Свои окончательные выводы г. Лангенъ формулируетъ въ слѣдующихъ словахъ: „Вслѣдствіе очень низкаго термическаго коэффициента полезнаго дѣйствія нѣтъ надежды на, чтобы газова турбина могла бы когда-либо получить практическое применение“.

Въ заключеніе авторъ старается, такъ сказать, утѣшить читателя. Исходя изъ создаваемаго положенія онъ видитъ въ томъ, что и наша старая паровая машина поддается еще усовершенствованію. Онъ вычисляетъ, что если, напримѣръ, соединить машину высокаго давленія съ перегрѣтымъ паромъ—съ паровой турбиной, которая бы работала мягкимъ паромъ большого цилиндра (комбинація, предложенная кажется проф. Шрегеромъ), то термическая отдача такой установки можетъ быть доведена до  $22\%$ . Да и въ вопросѣ о газовой турбинѣ не все еще окончено. Допустимо, что превращеніе химической энергіи въ механическую можетъ происходить и не по термодинамическимъ законамъ, а такъ, какъ напримѣръ, въ организмѣ человѣка, гдѣ термическій коэффициентъ мускульной работы по послѣднимъ даннымъ физиологіи достигаетъ  $43\%$  и, вѣроятно, наука постигнетъ сущность и этого процесса.

Таково содержаніе брошюры инженера Лангена—брошюры, которую мы рекомендуемъ прочесть всякому, интересующемуся тѣмъ вопросомъ, который задаетъ и авторъ,—именно чего можемъ мы ожидать отъ газовой турбины?

*И. Троицкій.*

## НОВЫЯ КНИГИ.

**A. Linker. Ing.**

**Важнѣйшіе электрическіе изобрѣтательные приборы, ихъ теорія и конструкція.** Переводъ съ нѣмецкаго М. Гофмана. Съ 74 рис. въ текстѣ. 84 стр. Одесса. 1906. Цѣна 1 р.

**Д-ръ мед. В. Н. Песковъ. Спиртовое осѣщеніе и его примѣненіе въ домашнемъ быту.** Попробное описаніе всѣхъ наиболее употребительныхъ горѣлокъ и оцѣнка ихъ съ гигиенической и технической стороны, съ 17 рис. въ текстѣ. Второе изданіе. С.-Петербургъ. 1906. Цѣна 30 коп.

**Böttcher. Krane. Verlag von R. Oldenbourg. München. 1906. Preis M. 25.**

**H. S. Hallo und H. W. Land. Elektrische und magnetische Messungen und Messinstrumente.** Mit 343 in den Text gedruckten Figuren. Berlin. Verlag von J. Springer. 1906. Preis gebunden

Bibliothek der gesamten Technik. Zehnter Band. **A. Boje. Schalttafelbau.** Mit 100 Abbildungen im Text und auf 5 Tafeln, sowie 7 Tabellen und 4 Schaulinien. Hannover. Verlag von Dr. M. Jänecke. 1907. Preis broschiert M. 2,80.