

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

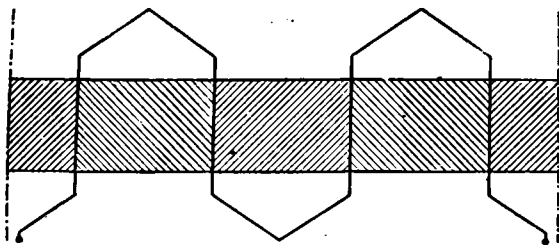
Теоретическое изслѣдованіе и расчетъ многофазныхъ асинхронныхъ электродвигателей.

Инженеръ-Технологъ А. А. Воронова.

## IV. Расчетъ проектируемаго двигателя.

§ 15. *Образованіе обмотокъ индуктора.* Прежде чѣмъ приступить къ расчету двигателей, мы рассмотримъ способы образованія тѣхъ обмотокъ, которыя далѣе должны будемъ разсчитывать. Такъ какъ обмотки всѣхъ фазъ совершенно одинаковы, то для насъ, конечно, совершенно достаточно разсмотрѣть обмотку только одной фазы и затѣмъ указать способы соединенія между собою такихъ обмотокъ, относящихся ко всѣмъ фазамъ индуктора.

Пусть, напримѣръ, намъ нужно построить обмотку такимъ образомъ, чтобы на внутренней цилиндрической поверхности индуктора образовалось 4 полюса; для этого представимъ себѣ, что цилиндрическая поверхность разрѣзана по образующей и развернута въ плоскость (фиг. 1) и намѣтимъ на ней границы полюсовъ такъ,

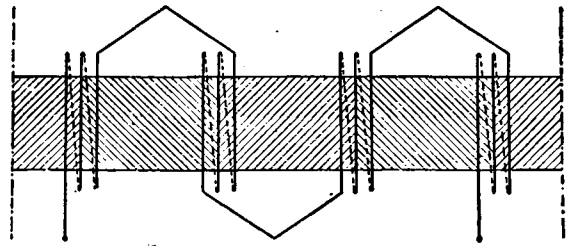


Фиг. 1.

чтобы линия разрѣза приходилась по срединѣ полюса. Если затѣмъ на каждой полюсной границѣ помѣстимъ по одной провололкѣ, соединимъ эти проволоки послѣдовательно, какъ показано на чертежѣ, и пропустимъ по нимъ электрической токъ, то получимъ 4 полюса, наименованіе которыхъ будетъ зависѣть отъ направленія тока. Если число провололокъ въ обмоткѣ одной фазы должно быть  $m_1$ , то между двумя сосѣдними полюсами должно быть расположено

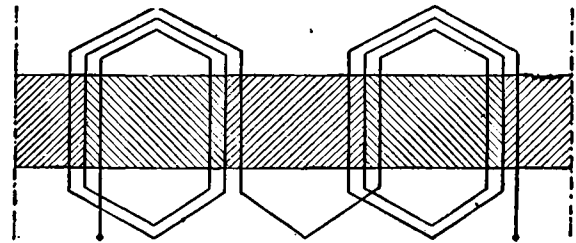
$m_1$  провололокъ, причѣмъ онѣ должны быть соединены такимъ образомъ, чтобы во всѣхъ проволокахъ, лежащихъ между двумя сосѣдними полюсами, токъ шелъ въ одну и ту же сторону. Такое соединеніе можно сдѣлать по слѣдующимъ тремъ способамъ:

1) по способу кольцевой обмотки, въ которой проволока огибаетъ желѣзный сердечникъ кругомъ и которую можно представить схематически такъ, какъ показано на фиг. 2, гдѣ

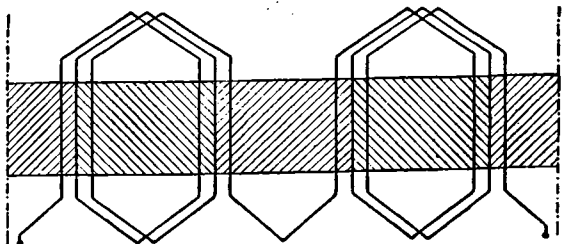


Фиг. 2.

пунктиромъ показаны соединительныя части провололокъ, не пересѣкаемыя магнитнымъ потокомъ;



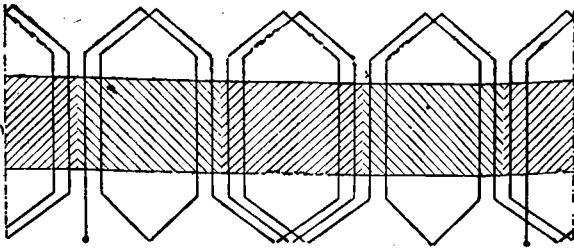
Фиг. 3.



Фиг. 4.

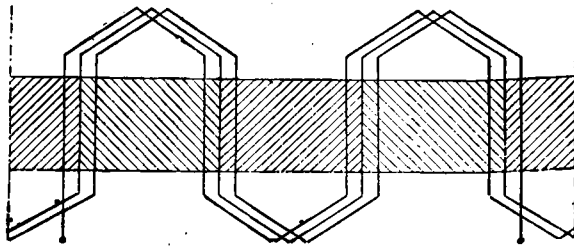
2) по способу барабанной петлеобразной

обмотки, три схемы которой показаны на фиг. 3, 4 и 5, и въ которой концы проволокъ соединяются на основаніяхъ цилиндра;



Фиг. 5.

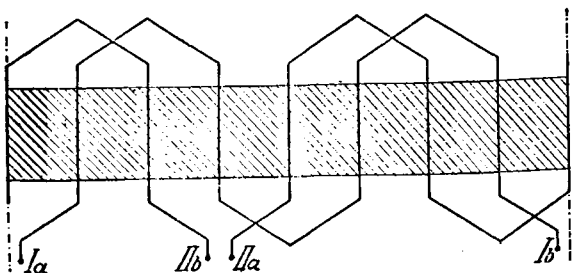
3) по способу барабанной волнообразной обмотки, схема которой показана на фиг. 6 и въ которой соединенія концовъ проволокъ дѣлаются также на основаніяхъ цилиндра.



Фиг. 6.

Первый изъ этихъ способовъ болѣе пригоденъ къ тому случаю, когда проволока наложена на поверхности цилиндра, но онъ дастъ обмотку съ большимъ сопротивленіемъ, такъ какъ неработающія части проволокъ занимаютъ большую длину, чѣмъ работающія. Второй и третій способы болѣе пригодны въ тѣхъ случаяхъ, когда проволока вкладывается въ углубленія или отверстия, сдѣланныя въ желѣзныхъ сердечникахъ; они даютъ обмотку съ меньшимъ сопротивленіемъ, такъ какъ неработающія соединительныя части проволокъ занимаютъ сравнительно меньшую длину.

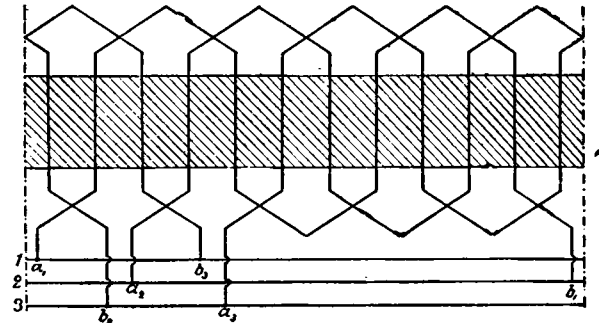
Указавъ способы образованія обмотокъ отдѣльныхъ фазъ, перейдемъ къ способамъ соединенія этихъ обмотокъ между собою и съ внѣшними питающими проводами, при чемъ рассмотримъ этотъ вопросъ только по отношенію къ двухъ и трехфазнымъ токамъ, исключительно получившимъ примѣненіе на практикѣ.



Фиг. 7.

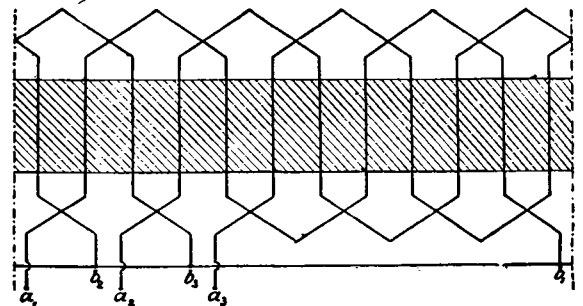
Эти соединенія можно сдѣлать слѣдующими двумя способами:

1) включая обмотки отдѣльныхъ фазъ между внѣшними проводами такъ, какъ показано на фиг. 7 для двухфазной и на фиг. 8 для трехфазной системы,



Фиг. 8.

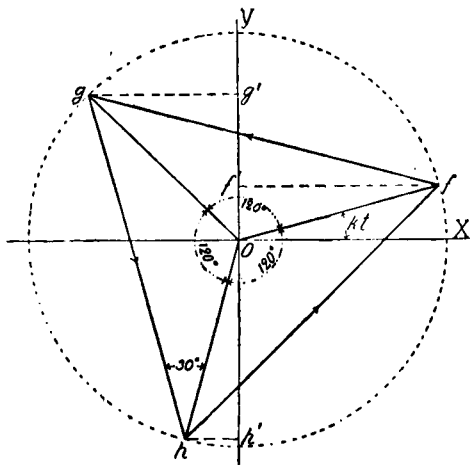
и 2) присоединяя къ внѣшнимъ проводамъ начальныя точки обмотокъ  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  и соединяя между собою конечныя точки ихъ  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$ , какъ показано на фиг. 9 въ примѣненіи только къ трехфазной системѣ, такъ какъ къ двухфазной системѣ такой способъ соединенія непримѣнимъ.



Фиг. 9.

При первомъ способѣ, напряженіе между концами обмотки одной фазы, очевидно, будетъ равняться напряженію между проводами внѣшней сѣти; при второмъ же способѣ, эти напряженія не будутъ равны другъ другу, но не трудно найти зависимость между ними при помощи простого построенія. Пусть отрѣзки  $of$ ,  $og$  и  $oh$  (фиг. 10) представляютъ наибольшія величины напряженій между концами обмотокъ всѣхъ трехъ фазъ, т. е. между узломъ соединенія концовъ  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  и концами  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$ ; если эту схему отрѣзковъ будемъ вращать со скоростью  $k$ , то проекціи ихъ на ось  $ou$  дадутъ перемѣнныя величины напряженій между концами отдѣльныхъ обмотокъ; напряженія же между внѣшними проводами будутъ равняться напряженіямъ между концами  $a_1$  и  $a_2$ ,  $a_2$  и  $a_3$ ,  $a_3$  и  $a_1$ ; эти же напряженія будутъ равны алгебраическимъ разностямъ напряженій между концами обмотокъ

отдѣльныхъ фазъ и выразятся, слѣдовательно, длинами отрѣзковъ  $fg'$ ,  $g'h'$  и  $h'f'$ . Но эти отрѣзки представляютъ проекции линий, соединяющихъ точки  $f$ ,  $g$  и  $h$ . Отсюда слѣдуетъ,



Фиг. 10.

что наибольшія величины напряженій между внѣшними проводами выразятся линиями  $fg$ ,  $gh$  и  $hf$ , которыя будутъ равны между собою. Если это общее наибольшее напряжение обозначимъ черезъ  $V_a$ , то для трехфазнаго тока и для разсматриваемаго способа соединенія обмотокъ можемъ написать такія соотношенія:

$$V_a = 2 V \cos 30^\circ = 1,732 V \dots (55)$$

$$V = 0,577 V_a \dots \dots \dots (55')$$

Эти соотношенія показываютъ, что соединеніе обмотокъ по способу, представленному на фиг. 9 даетъ меньшее напряженіе въ отдѣльныхъ обмоткахъ, а потому допускаетъ примѣненіе болѣе толстыхъ проволокъ при меньшемъ числѣ ихъ, что представляетъ значительное преимущество при изготовленіи.

Зная число фазъ въ обмоткѣ индуктора и намѣтивъ величину угла  $\gamma$ , обнимающаго часть обмотки одной фазы, заключенную между двумя полюсами, не трудно вычислить и величину коэффициента  $\zeta$ . Если допустить, что обмотка наложена равномерно по всей окружности, то

$$\gamma = \frac{2\pi}{z p}$$

$$\zeta = \frac{S n \frac{p \gamma}{4}}{\frac{p \gamma}{4}} = \frac{S n \frac{\pi}{2z}}{\frac{\pi}{2z}}$$

Это выраженіе даетъ для двухфазнаго тока

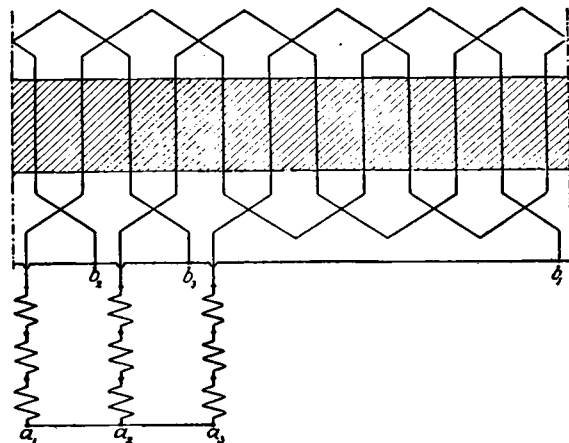
$$\zeta = 0,901 \dots \dots \dots (56)$$

а для трехфазнаго

$$\zeta = 0,955 \dots \dots \dots (56')$$

§ 16. *Образованіе обмотокъ арматуры.* Мы уже видѣли изъ теоретическихъ разсужденій, что обмотка арматуры должна быть устроена на основаніи тѣхъ же самыхъ принциповъ, какъ и обмотка индуктора, но число фазъ ея можетъ быть отличнымъ отъ числа фазъ индуктора. Если при этомъ примемъ во вниманіе то обстоятельство, что трехфазная обмотка даетъ большій коэффициентъ  $\zeta$ , чѣмъ двухфазная, то должны будемъ прійти къ тому заключенію, что вообще въ обмоткѣ арматуры не слѣдуетъ дѣлать менѣе трехъ фазъ. Большее же число фазъ повлекло бы за собою неудобное усложненіе устройства арматуры въ томъ случаѣ, когда при пусканіи въ ходъ двигателя въ обмотку ея включается добавочное сопротивление. Поэтому въ послѣднемъ случаѣ примѣняютъ только трехфазную обмотку; въ томъ же случаѣ, когда добавочное сопротивление не включается, примѣняютъ обыкновенно типы обмотки, которые будутъ указаны далѣе.

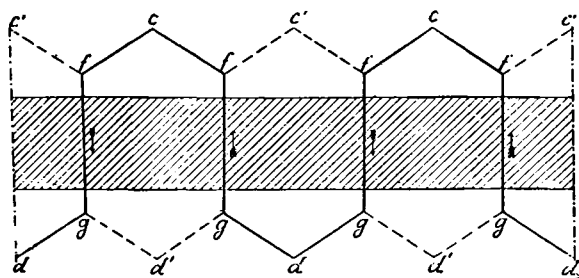
Устройство трехфазной обмотки арматуры всего удобнѣе дѣлать по способу, показанному на фиг. 9, при чемъ  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  слѣдуетъ соединить между собою такъ же, какъ и концы  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$ . Это соединеніе дѣлается внѣ двигателя при помощи реостата съ переменнымъ сопротивленіемъ, какъ показано схематически на фиг. 11. Этотъ реостатъ и служитъ для пуска двигателя въ ходъ.



Фиг. 11.

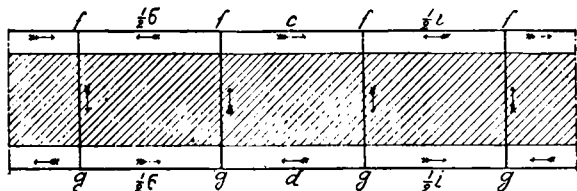
Если пусканіе двигателя въ ходъ достигается безъ помощи реостата, вводимаго въ обмотку арматуры, и вообще безъ помощи какихъ бы то ни было измѣнній въ ея обмоткѣ, то можно значительно упростить и вмѣстѣ съ тѣмъ улучшить обмотку, составивъ ее изъ замкнутыхъ элементовъ, изъ которыхъ каждый состоитъ изъ числа проволокъ равнаго числу полюсовъ двигателя, какъ это показано на фиг. 12 сплошными линиями. Очевидно, что при такомъ устройствѣ число фазъ будетъ равняться числу всѣхъ проволокъ арматуры, дѣленному на число полюсовъ. Точно также не трудно видѣть, что при подоб-

номъ устройствѣ обмотки электродвижущая сила, развивающаяся въ одной провололкѣ *efgd*, будетъ равняться паденію напряжения въ той же про-



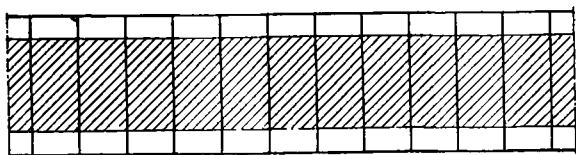
Фиг. 12.

волокѣ, т. е. произведенію изъ сопротивленія ея на силу тока, проходящаго по ней; а при этомъ условіи потенциалы всѣхъ точекъ *c* и *d* будутъ одинаковы, и если эти точки будутъ соединены между собою, то никакого измѣненія въ распредѣленіи токовъ арматуры не произойдетъ. Отсюда слѣдуетъ точно также, что если, напримѣръ, нижніе концы будутъ соединены по линіи *gd'g*, то и въ этомъ случаѣ распредѣленіе токовъ останется то же самое. Наконецъ, распредѣленіе токовъ не измѣнится и въ томъ случаѣ, если концы проволоки съ обѣихъ сторонъ арматуры будутъ соединены, какъ по линіямъ *gdg* и *fcf*, такъ и по линіямъ *gd'g* и *fc'f*, при чемъ всѣ эти соединительныя части будутъ имѣть половинное сѣченіе. Послѣдній случай въ болѣе простомъ видѣ представленъ на фиг. 13. Если всѣ сое-



Фиг. 13.

динительныя части *ffff* и *gggg*, принадлежащія отдѣльнымъ элементамъ обмотки, или правильнѣе, отдѣльнымъ фазамъ, соединить въ два общія кольца, то получится обмотка, показанная на фиг. 14, впервые примѣненная къ такого рода двигателямъ Доливо-Добровольскимъ.



Фиг. 14.

Площадь поперечнаго сѣченія одного соединительнаго кольца такой обмотки выразится слѣдующимъ образомъ

$$\frac{\sigma_2}{2} \cdot \frac{z_2 m_2}{p} = \frac{Q_2}{2p} \dots \dots \dots (57)$$

гдѣ  $z_2, m_2$  есть число всѣхъ проволоки обмотки.

Замѣтимъ наконецъ, что во всѣхъ послѣднихъ случаяхъ коэффициентъ  $\zeta_2$ , по малости угла  $\gamma$ , можетъ быть принятъ равнымъ единицѣ. Въ случаѣ же трехфазной обмотки онъ, очевидно, будетъ такой же, какъ и для обмотки индуктора.

§ 17. *Определение величинъ  $\omega_0, \omega$  и  $p$ .* Угловая скорости вращенія магнитнаго поля и арматуры двигателя  $\omega_0$  и  $\omega$  и число его полюсовъ  $p$  находятся въ прямой зависимости отъ числа періодовъ тока и числа оборотовъ двигателя. Если обозначимъ число періодовъ тока въ секунду черезъ  $F$ , то угловая скорость измѣненія фазы тока  $k$ , которая уже ранѣе входила въ наши вычисления, выразится слѣдующимъ образомъ:

$$k = 2\pi F.$$

Но такъ какъ (формула 19)

$$\omega_0 = \frac{2k}{p},$$

то

$$\omega_0 = 4\pi \frac{F}{p} \dots \dots \dots (58)$$

Число же оборотовъ магнитнаго поля въ секунду, которое мы обозначимъ черезъ  $N_0$ , выразится такъ:

$$N_0 = \frac{\omega_0}{2\pi},$$

или

$$N_0 = 2 \frac{F}{p} \dots \dots \dots (59)$$

Эта зависимость даетъ возможность избрать число полюсовъ  $p$  такимъ образомъ, чтобы число оборотовъ поля  $N_0$  было наиболѣе подходящимъ при заданномъ числѣ періодовъ  $F$ . Зная же число полюсовъ, можно опредѣлить по формулѣ 58 и угловую скорость  $\omega_0$ .

Угловая скорость вращенія двигателя  $\omega$ , а слѣдовательно, и число его оборотовъ  $N$  опредѣлится на основаніи формулы 41:

$$\frac{\omega_2}{P} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega}$$

Эту формулу можно представить въ слѣдующемъ видѣ:

$$\omega \left(1 + \frac{\omega_2}{P}\right) = \omega_0, \dots \dots \dots (60)$$

или

$$N \left(1 + \frac{\omega_2}{P}\right) = N_0 \dots \dots \dots (60')$$

Величина  $\frac{\omega_2}{P}$ , выражающая потерю мощности на нагрѣваніе обмотки арматуры въ отношеніи къ мощности, развиваемой двигателемъ, должна быть задана самимъ конструкторомъ. Напримѣръ, если двигатель, по предположенію, долженъ давать 85% полезнаго дѣйствія и если изъ 15%

всѣхъ потерь пойдетъ на нагрѣваніе обмотки арматуры 5% отъ получаемой мощности, то

$$\frac{w_2}{P} = \frac{5}{85} = 0,059.$$

§ 18. *Опредѣленіе величины  $Q_2$ , какъ функціи діаметра арматуры  $D$ .* Электрическіе токи, развивающіеся въ обмоткѣ арматуры, и гистерезисъ въ желѣзѣ ея будутъ служить причиной образования въ каждую единицу времени нѣкотораго опредѣленнаго количества теплоты, вслѣдствіе чего арматура будетъ нагрѣваться и температура ея будетъ повышаться до тѣхъ поръ, пока количество образующейся теплоты не сдѣлается равнымъ тому количеству, которое будетъ выдѣляться и разсѣиваться поверхностью арматуры. Слѣдовательно, поверхность арматуры должна быть сообразована съ количествомъ теплоты, образующейся въ единицу времени, для того, чтобы нагрѣваніе не превзошло извѣстнаго указываемаго практикой предѣла. Но такъ какъ количество теплоты, образующейся вслѣдствіе гистерезиса въ желѣзѣ арматуры, какъ увидимъ далѣе, весьма незначительно, то для расчета поверхности мы можемъ принимать во вниманіе только то количество теплоты, которое образуется въ одну секунду отъ нагрѣванія обмотки, и величина котораго, выраженная въ единицахъ мощности, есть  $w_2$ . Эта теплота выдѣляется на всей длинѣ проволоки обмотки  $l_2$ ; то же количество этой теплоты, которое выдѣляется въ частяхъ проволоки, заключенныхъ внутри желѣзнаго сердечника, будетъ  $\frac{l}{l_2} w_2$ . Если теперь обозначимъ черезъ  $u$  то количество энергіи, которое выдѣляется въ видѣ теплоты въ теченіе одной секунды на поверхности одного квадратнаго сантиметра, то количество энергіи, выдѣляющагося на всей внѣшней цилиндрической поверхности арматуры, будетъ  $u \pi D l_0$ . Приравнявъ два написаннаго выраженія, получимъ такое уравненіе

$$w_2 = u \pi D l_2 \dots (61)$$

Коэффициентъ  $u$  въ этомъ уравненіи можно допускать въ предѣлахъ отъ 0,083 до 0,1 ватта на квадратный сантиметръ, что соотвѣтствуетъ 12—10 квадратнымъ сантиметрамъ поверхности охлажденія на одинъ ваттъ выдѣляемой въ видѣ теплоты энергіи.

Уравненіе 61 опредѣляетъ наименьшіе размѣры арматуры, при которыхъ нагрѣваніе ея не превзойдетъ предѣловъ, допускаемыхъ практикой. Это же уравненіе (61) вмѣстѣ съ уравненіемъ 39' дадутъ возможность выразить величину  $Q_2$  въ зависимости отъ діаметра арматуры. Дѣйствительно, изъ уравненія 39' мы знаемъ, что при нормальной работѣ двигателя, когда арматура его замкнута сама на себя безъ дополнительнаго сопротивленія, будетъ

$$w_2 = \frac{\Delta_2^2}{2} Q_2 \rho l_2.$$

Такимъ образомъ мы имѣемъ два выраженія для величины  $w_2$ ; приравнявъ ихъ, получимъ

$$u \pi D = \frac{\Delta_2^2}{2} Q_2 \rho.$$

Здѣсь  $\frac{\Delta_2^2}{2}$  есть квадратъ дѣйствующей плотности тока въ обмоткѣ арматуры; обозначивъ ее черезъ  $\Delta_2$ , получимъ слѣдующее выраженіе для величины  $Q_2$ :

$$Q_2 = \frac{\pi}{\rho} \cdot \frac{n^2}{\Delta_2^2} D \dots (62)$$

Величины  $u$  и  $\Delta_2$  не зависятъ отъ мощности двигателей, и если ихъ принять одинаковыми для двигателей разной мощности, то  $Q_2$  будетъ пропорціонально  $D$ , то есть, площадь поперечнаго сѣченія обмотки, приходящаяся на единицу длины окружности арматуры, будетъ величина постоянная, не зависящая отъ размѣровъ двигателя. Это обстоятельство даетъ возможность въ арматурахъ двигателей разной мощности устраивать обмотку изъ проволокъ одинаковаго сѣченія и съ одинаковыми между ними разстояніями.

Если мѣдь обмотки будетъ имѣть 95% проводимости, то удѣльное сопротивленіе ея, выраженное въ омахъ на одинъ сантиметръ длины и одинъ квадратный сантиметръ поперечнаго сѣченія, представится такъ:

$$\rho = 10^{-9} \cdot 1,05 \cdot 1584 (1 + 0,00382 t + 0,00000126 t^2)$$

Если же допустимъ, что арматура будетъ нагрѣта до 60°C., то есть, что  $t = 60$ , то удѣльное сопротивленіе получитъ слѣдующую величину:

$$\rho = 2,053 \cdot 10^{-6}.$$

Допуская затѣмъ дѣйствующую плотность тока въ арматурѣ въ 400 амперовъ на квадратный сантиметръ, получимъ, на основаніи уравненія 62-го, для указанныхъ выше предѣловъ  $u$  слѣдующее соотношеніе между площадью сѣченія обмотки и діаметромъ арматуры:

$$Q_2 = (0,8 \text{ до } 0,96) D \dots (63)$$

Эти предѣлы соотношенія согласуются съ данными, выработанными практикой. Напомнимъ при этомъ, что подъ буквой  $D$  мы подразумеваемъ не внѣшній діаметръ арматуры, а діаметръ окружности, проходящей черезъ середину обмотки.

§ 19. *Опредѣленіе величины  $l_2$ , какъ функціи діаметра арматуры  $D$ .* Длина одной проволоки обмотки  $l_2$  будетъ равна длинѣ арматуры  $l_0$ , сложенной съ длиною концовъ, служащихъ для соединенія проволокъ между собою. Длина арматуры  $l_0$  можетъ быть задана пропорціональною  $D$ ; напримеръ, въ двигателяхъ завода «Бруонъ и Бовери»  $l_0$  составляетъ около  $\frac{2}{3} D$ . Длина же концовъ будетъ зависѣть отъ числа полюсовъ

$p$ , діаметра арматуры  $D$  и отъ устройства обмотки. Ее также можно выразить пропорціонально діаметру, сдѣлавъ предварительный эскизъ соединенія обмотки.

Въ случаѣ коротко замкнутой обмотки, системы Доливо-Добровольскаго, показанной схематически на фиг. 14, длиною одной проволоки надо считать длину  $efgd$  (фиг. 13), которая, какъ видно изъ чертежа, выразится такимъ образомъ:

$$l_2 = \alpha l_0 + \frac{\pi D}{p}, \dots \dots (64)$$

гдѣ  $\alpha$  есть численный коэффициентъ, показывающій отношеніе длины проволоки между замыкающими кольцами къ длинѣ  $l_0$ .

При другихъ же способахъ устройства обмотки длина одной проволоки можетъ быть приблизительно выражена такой формулой:

$$l_2 = \alpha l_0 + 1,5 \frac{\pi D}{p} \dots \dots (64')$$

Подставивъ въ эти формулы вмѣсто  $l_0$  величины, пропорціональныя діаметру  $D$ , получимъ и величины  $l_2$  также пропорціональныя діаметру.

§ 20. *Опредѣленіе магнитной индукціи въ желѣзѣ двшателя.* Величину магнитной индукціи, которую мы обозначимъ буквой  $B$ , слѣдуетъ выбрать, сообразуясь съ числомъ періодовъ тока, такъ, чтобы потеря на гистерезисъ была не велика. Эта потеря всегда будетъ больше въ индукторѣ, чѣмъ въ арматурѣ, такъ какъ она пропорціональна числу періодовъ перемагниченія желѣза, а это число равно числу періодовъ тока въ обмоткѣ, которое для арматуры будетъ значительно менѣе, чѣмъ для индуктора. Дѣйствительно, если въ обмоткѣ индуктора число періодовъ тока есть  $F$ , то для арматуры оно будетъ равно  $\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} F$ , то есть, при нормальной скорости будетъ составлять лишь нѣсколько процентовъ числа  $F$ . Отсюда слѣдуетъ, что въ желѣзѣ арматуры можно было бы допустить значительно большую величину магнитной индукціи, чѣмъ въ желѣзѣ индуктора, но такъ какъ нѣтъ особенной надобности и выгоды уменьшать сѣченіе арматуры, увеличивая вмѣстѣ съ этимъ магнитное сопротивленіе, то предпочтительнѣе допускать магнитную индукцію въ арматурѣ такую же, какъ въ индукторѣ,

Если допустить опредѣленную потерю на одинъ кубической сантиметръ желѣза, то не трудно будетъ найти зависимость между числомъ періодовъ тока и величиной магнитной индукціи. Дѣйствительно, потеря энергіи на гистерезисъ въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ мягкаго желѣза при одномъ циклѣ перемагниченія въ секунду, выраженная въ ваттахъ, можетъ быть представлена слѣдующей эмпирической формулой, данной Штейнметцомъ:

$$2 \cdot 10^{-10} B^{1,6},$$

а при  $F$  циклахъ перемагниченія въ секунду эта потеря представится такъ:

$$2 \cdot 10^{-10} B^{1,6} F.$$

Приравнявъ эту величину нѣкоторой постоянной для всякаго числа періодовъ величинѣ  $a$ , получимъ такую зависимость  $B$  отъ  $F$ :

$$B^{1,6} = 10^{10} \frac{a}{2F}$$

Извлекая изъ обѣихъ частей этого уравненія корень степени 1,6, получимъ такую формулу:

$$B = \frac{A}{F^{0,63}}, \dots \dots (65)$$

гдѣ  $A$  можно брать въ предѣлахъ отъ 60000 до 70000, что соотвѣтствуетъ измѣненію величины  $a$ , то есть, потери на гистерезисъ въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ, отъ 0,009 до 0,012 ватта.

Въ слѣдующей таблицѣ показаны округленныя величины магнитной индукціи для нѣкоторыхъ значеній  $F$ , вычисленныя по указанной выше формулѣ.

$F$ .	$B$ .
25	7900 — 9200
40	5900 — 6900
50	5100 — 5900
100	3300 — 3800

Эти величины весьма близко подходятъ къ тѣмъ, которыя примѣняются на практикѣ.

§ 21. *Опредѣленіе величины магнитнаго потока  $\Phi$ , какъ функціи діаметра арматуры  $D$ .* Обмотка арматуры всегда устраивается изъ довольно толстыхъ проволокъ, помѣщаемыхъ въ отверстія, продѣланныя около внѣшней окружности въ желѣзномъ сердечникѣ арматуры. Промежутки между этими отверстиями должны служить для проведенія магнитнаго потока. Слѣдовательно, величина магнитнаго потока  $\Phi$ , то есть потока, выходящаго изъ одного полюса, должна равняться магнитной индукціи, умноженной на площадь поперечнаго сѣченія желѣза въ этихъ промежуткахъ, взятыхъ по длинѣ дуги, соотвѣтствующей одному полюсу. Эту площадь, а слѣдовательно и величину  $\Phi$ , не трудно выразить, какъ функцію діаметра арматуры.

Дѣйствительно, если  $D$  есть діаметръ окружности, проведенной черезъ средину обмотки, и  $d$ —длина отверстій для помѣщенія проволокъ обмотки, отложенная по направленію окружности, или діаметръ этихъ отверстій, если они круглыя, то часть окружности, занятая отверстиями, будетъ  $\frac{\pi D - \pi d}{2}$ , а часть, не занятая отверстиями и соотвѣтствующая одному полюсу, будетъ

$$\frac{\pi D - \pi d}{2}$$

Черезъ эту часть окружности и долженъ

проходить поток  $\Phi$ ; но для расчета предпочтительнее допустить, что поток этот будет проходить не по всей длине, а только по 0,9 ея, предполагая, что в тех местах, где направление потока меняется, то есть в промежутках между полюсами, 0,1 длины останется нейтральной.

Сердечникъ арматуры точно такъ же, какъ и индуктора, дѣлается изъ тонкихъ желѣзныхъ листовъ, изолированныхъ другъ отъ друга обыкновенно бумагою, причемъ можно считать, что изоляція занимаетъ 0,15 длины арматуры; слѣдовательно, если  $l_0$  есть длина арматуры, то длина одного желѣза будетъ 0,85  $l_0$ . Поэтому величину магнитнаго потока можно выразить слѣдующимъ образомъ:

$$\Phi = 0,9 \cdot 0,85 \frac{\pi D - z_2 m_2 d}{p} l_0 B.$$

Въ этомъ выраженіи величину  $(\pi D - z_2 m_2 d)$  можно представить пропорциональной диаметру  $D$ , если предварительно выбрать сѣченіе проволоки обмотки, руководствуясь отношеніемъ 63-мъ.

Дѣйствительно, это отношеніе дастъ слѣдующую толщину сплошнаго слоя, сѣченіе котораго равно сѣченію обмотки арматуры, то есть  $Q_2$ :

$$\frac{Q_2}{\pi D} = \text{отъ } 0,255 \text{ до } 0,305 \text{ сантиметровъ.}$$

Если теперь обозначимъ черезъ  $x$  сѣченіе одной проволоки обмотки, то разстояніе между серединами двухъ сосѣднихъ проволокъ по окружности диаметра  $D$  будетъ равно отъ  $\frac{x}{0,255}$  до  $\frac{x}{0,305}$  сантиметровъ. Это разстояніе мы обозначимъ буквой  $x$ .

Выбравъ площадь и форму поперечнаго сѣченія проволоки и назначивъ нѣкоторую толщину на изоляцію, опредѣлимъ и величину  $d$ .

Итакъ, опредѣливъ величины  $x$  и  $d$ , можемъ написать, что

$$\frac{\pi D}{x} = z_2 m_2,$$

а потому

$$z_2 m_2 d = \pi D \frac{d}{x}$$

и

$$\pi D - z_2 m_2 d = \left(1 - \frac{d}{x}\right) \pi D.$$

Слѣдовательно

$$\Phi = 2,4 \left(1 - \frac{d}{x}\right) \frac{D l_0}{p} B \dots (66)$$

Подставивъ сюда, вмѣсто  $l_0$ , его величину, пропорциональную  $D$ , на основаніи § 19, получимъ величину  $\Phi$ , какъ функцію одного диаметра арматуры.

§ 22. *Опредѣленіе диаметра арматуры  $D$  и абсолютныхъ величинъ  $Q_2$ ,  $l_2$  и  $\Phi$ .* Обратимся теперь къ уравненію 37-му:

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

Всѣ величины, входящія во вторую часть этого уравненія, намъ уже могутъ быть извѣстны теперь на основаніи предыдущихъ параграфовъ или въ абсолютномъ значеніи, какъ величины  $\zeta_2$ ,  $p$ ,  $\rho$ ,  $\omega_0$  и  $\omega$ , или же въ видѣ функцій диаметра арматуры, какъ величины  $\Phi$ ,  $l_0$  и  $\Phi$ ; а потому, подставивъ ихъ значенія въ уравненіе, мы получимъ зависимость между величиной мощности двигателя  $P$ , выраженной въ абсолютныхъ единицахъ, и диаметромъ  $D$ , выраженнымъ въ сантиметрахъ.

Обозначивъ затѣмъ мощность двигателя, выраженную въ лошадиныхъ силахъ, черезъ  $HP$ , можемъ написать такое соотношеніе:

$$P = 736 \cdot 10^7 HP.$$

Такимъ образомъ уравненіе 37 дастъ намъ въ результатѣ зависимость диаметра арматуры отъ мощности двигателя въ слѣдующемъ видѣ:

$$D = A \sqrt[4]{HP},$$

гдѣ  $A$  будетъ нѣкоторый численный коэффициентъ, представляющій, конечно, число не отвѣщенное, а именованное.

Опредѣливъ диаметръ арматуры, найдемъ на основаніи соотношенія, указаннаго въ § 18, и соображеній, высказанныхъ въ § 21, число проволокъ въ обмоткѣ арматуры  $z_2 m_2$  и площадь поперечнаго сѣченія обмотки  $Q_2$ . При этомъ замѣтимъ, что, если обмотка должна быть сдѣлана по схемѣ, показанной на фиг. 14, то полное число проволокъ  $z_2 m_2$  можетъ быть какимъ угодно цѣлымъ числомъ, хотя, большею частью, оно дѣлается кратнымъ числу полюсовъ  $p$ ; если же обмотка должна быть сдѣлана по типу, показанному на фиг. 12 сплошными линиями, то число  $z_2 m_2$  непременно должно быть кратнымъ числу полюсовъ, и наконецъ, если обмотка должна быть сдѣлана по типу, показанному на фиг. 11, то число проволокъ въ одной фазѣ, то есть  $m_2$ , должно быть кратнымъ числу полюсовъ.

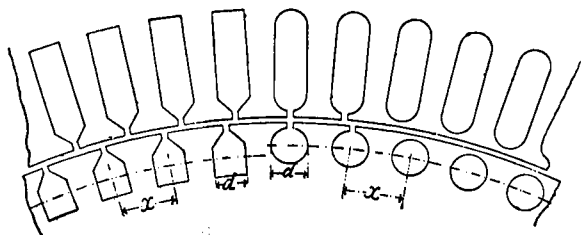
Вычертивъ затѣмъ эскизъ обмотки, опредѣлимъ болѣе точно и длину проволокъ  $l_2$ .

При окончательномъ опредѣленіи величинъ  $Q_2$  и  $l_2$  можетъ случиться, что онѣ будутъ нѣсколько отличаться отъ тѣхъ, которыя опредѣлятся на основаніи принятыхъ соотношеній съ диаметромъ; тогда подставивъ въ уравненіе 37 уже извѣстныя величины  $P$ ,  $Q_2$  и  $l_2$ , вычислимъ также окончательную величину магнитнаго потока.

§ 23. *Предварительный эскизъ и расчетъ сопротивленія магнитной цѣпи двигателя.* Вычисливъ диаметръ арматуры и величину магнитнаго потока  $\Phi$ , можемъ построить предварительный эскизъ магнитной цѣпи и затѣмъ вычислить сопротивленіе ея  $\mathfrak{R}$ , которое намъ нужно будетъ для дальнѣйшихъ расчетовъ. Это сопротивленіе составитъ изъ суммы сопротивленій желѣза индуктора  $\mathfrak{R}_1$ , желѣза арматуры  $\mathfrak{R}_2$  и

междужелѣзнаго пространства  $\mathcal{R}_c$ . Изъ этихъ трехъ величинъ послѣдняя будетъ имѣть преобладающее значеніе въ величинѣ всего сопротивленія  $\mathcal{R}$ , а потому тѣ неточности, которыя произойдутъ, главнымъ образомъ, отъ незнанія размѣровъ отверстій для обмотки индуктора, окажутъ лишь незначительное вліяніе на конечную величину всего сопротивленія.

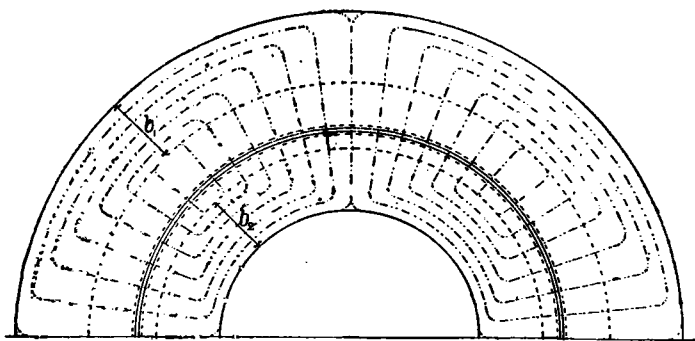
Для предварительнаго эскиза размѣръ отверстій по направленію радіуса для помѣщенія обмотки индуктора можно взять равнымъ 2,5 или 3 соотвѣтственнымъ размѣрамъ отверстій въ арматурѣ. Разстояніе между внѣшней окружностью арматуры и внутренней окружностью индуктора, то-есть длину междужелѣзнаго пространства, можно допустить отъ 1 до 1,5 миллиметровъ. Отверстія для помѣщенія обмотокъ дѣлаются замкнутыми или разрѣзанными, какъ показано на фиг. 15; въ первомъ случаѣ разстоя-



Фиг. 15.

ніе между окружностью цилиндра и прилегающимъ краемъ отверстія дѣлается около 1 миллиметра.

Ширина желѣзныхъ колець арматуры и индуктора, считая ее отъ краевъ отверстій до внутренней окружности въ арматурѣ и до внѣшней



Фиг. 16.

окружности въ индукторѣ, то-есть  $b_2$  и  $b_1$  (фиг. 16), опредѣлится на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Для арматуры должно быть

$$2,0,85 l_0 b_2 B = \Phi.$$

Если  $B$  будетъ въ этомъ выраженіи то же, какое было принято для промежутковъ между

отверстіями, то сравнивая это выраженіе съ уравненіемъ 66 (§ 21), получимъ

$$1,7 b_2 = 2,4 \left( 1 - \frac{d}{x} \right) \frac{D}{p},$$

откуда

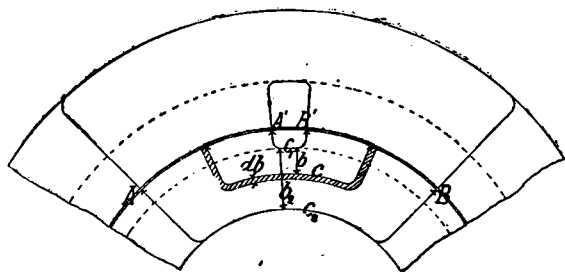
$$b_2 = 1,41 \left( 1 - \frac{d}{x} \right) \frac{D}{p} \dots (67)$$

Для индуктора же должно быть

$$2,0,85 l_0 b_1 B = \nu \Phi,$$

такъ какъ потокъ, проходящій въ сердечникѣ индуктора, будетъ  $\nu \Phi$  (§ 8), причемъ величину коэффиціента  $\nu$  можно принять около 1,2. Слѣдовательно, если для  $B$  въ желѣзѣ индуктора возьмемъ ту же величину, какъ и для арматуры, то  $b_1$  должно быть процентовъ на двадцать болѣе  $b_2$ .

Построивъ такимъ образомъ предварительный эскизъ магнитной цѣпи, можемъ сдѣлать расчетъ проводимости различныхъ ея частей и затѣмъ вычислить  $\mathcal{R}$ , то-есть сопротивленіе всей магнитной цѣпи. Для этого мы рассмотримъ одну часть



Фиг. 17.

магнитной цѣпи, черезъ которую проходитъ половина потока, выходящаго изъ одного полюса (фиг. 17), и которая обнимается дугою  $\frac{2\pi}{p}$ . Пусть эта дуга,

проведенная по междужелѣзному пространству, есть  $AB$ ; изъ ея длины, согласно высказанному ранѣе (см. § 21), мы выдѣлимъ часть  $AB'$ , равную  $0,1 AB$ , допуская, что на длинѣ этой части дуги магнитный потокъ не будетъ проходить черезъ междужелѣзное пространство. Послѣ этого проведемъ самую короткую и самую длинную линіи магнитнаго потока; первая будетъ огнать отверстія арматуры и индуктора и проходить черезъ точки  $A'$  и  $B'$ , а вторая будетъ проходить черезъ точки  $A$  и  $B$ . Пусть длина этихъ линій для какой-нибудь части магнитной цѣпи напримѣръ, для арматуры, будетъ  $c_1$  и  $c_2$ . Проведемъ теперь какую-нибудь среднюю линію магнитнаго потока, длина которой пусть будетъ  $c$ , и представимъ себѣ безконечно узкую трубку магнитнаго потока, направленіе которой опредѣляется направленіемъ проведенной линіи и сѣ-



чение которой одинаково по всей длинѣ и равно  $0,85 l_0 db$ . Проводимость этой магнитной трубки будетъ

$$0,85 \mu l_0 \frac{db}{c}$$

Если допустимъ, что сѣчение желѣза между отверстиями по дугѣ  $AA'$  и по дугѣ  $B'B$  равно сѣченію по срединѣ разсматриваемой вѣтви магнитнаго потока, то можемъ допустить, что вся эта вѣтвь состоитъ изъ такихъ безконечно узкихъ трубокъ съ одинаковымъ по всей длинѣ сѣченіемъ и что длина этихъ трубокъ выразится слѣдующимъ образомъ:

$$c = c_1 + \frac{c_2 - c_1}{b_2} b$$

При этомъ допущеніи проводимость всей разсматриваемой части обмотки представится такимъ выраженіемъ

$$0,85 \mu l_0 \int_0^{b_2} \frac{db}{c_1 + \frac{c_2 - c_1}{b_2} b}$$

Рѣшеніе интеграла, входящаго въ это выраженіе, будетъ такос:

$$\frac{b_2}{c_2 - c_1} \int_0^{b_2} \frac{d \left( c_1 + \frac{c_2 - c_1}{b_2} b \right)}{c_1 + \frac{c_2 - c_1}{b_2} b} = \frac{b_2}{c_2 - c_1} \lg n \frac{c_2}{c_1}$$

Такъ какъ  $\lg n N = 2,3 \lg N$ , то вводя полученную величину въ выраженіе проводимости и замѣнивъ неперовъ логариомъ обыкновеннымъ (бригговымъ), получимъ окончательно слѣдующее выраженіе проводимости разсматриваемой части магнитной цѣпи, по которой проходитъ только половина потока, выходящаго изъ одного полюса:

$$0,85 \cdot 2,3 \mu l_0 \frac{b_2}{c_2 - c_1} \lg \frac{c_2}{c_1}$$

Очевидно, что подобнымъ же выраженіемъ представится и проводимость такой же части магнитной цѣпи индуктора.

Имѣя выраженіе этой проводимости, не трудно найти и выраженіе сопротивленія, представляемаго сердечникомъ индуктора или обмотки не половиною, а всему магнитному потоку, выходящему изъ одного полюса. Это сопротивленіе, какъ величина обратная проводимости, выразится единицей, дѣленной на удвоенную проводимость одной вѣтви. Обозначивъ сопротивленіе обмотки или индуктора вообще черезъ  $R_n$ , можемъ написать слѣдующее его выраженіе:

$$R_n = 0,255 \frac{c_2 - c_1}{\mu l_0 b_n \lg \frac{c_2}{c_1}} \dots (68)$$

Если обозначимъ затѣмъ длину междужелѣз-

наго пространства, то-есть разстояніе между внѣшней окружностью обмотки и внутренней окружностью индуктора, черезъ  $c_0$ , а диаметръ окружности, проходящей по срединѣ междужелѣзнаго пространства, черезъ  $D_0$ , то сопротивленіе междужелѣзнаго пространства выразится такъ:

$$\frac{2 c_0}{0,9 \frac{\pi D_0}{p} l_0}$$

а потому

$$R_e = 0,71 \frac{p c_0}{D_0 l_0} \dots (69)$$

Полное же сопротивленіе магнитной цѣпи будетъ

$$R = R_1 + R_2 + R_e \dots (70)$$

§ 24. *Опредѣленіе площади поперечнаго сѣченія обмотки индуктора  $Q_1$  и плотности тока въ этой обмоткѣ.* Вычисливъ величину магнитнаго сопротивленія  $R$ , можемъ опредѣлить величину угла  $\psi$ , по формулѣ 31'

$$\operatorname{tg} \psi = v_2 \zeta_2^2 \frac{\pi Q_2}{2 \rho l_2 R} (\omega_2 - \omega)$$

и затѣмъ вычислить величину магнитнаго потока, создаваемого токами индуктора и проходящаго черезъ всю магнитную цѣпь сопротивленія  $R$ . Величина этого потока, согласно формулѣ 32', будетъ

$$\Phi_1 = \frac{\Phi}{\cos \psi}$$

Такъ какъ потокъ  $\Phi_1$  есть тотъ самый потокъ, который создается токами обмотки индуктора и проходитъ черезъ обмотку, то, слѣдовательно, онъ соотвѣтствуетъ потоку  $\Phi$  въ формулѣ 18 (см. § 2):

$$\Phi = \zeta_1 \frac{2 \pi Q_1 \Delta_1}{p R}$$

а потому эта формула даетъ намъ возможность опредѣнить произведеніе  $Q_1 \Delta_1$ . Дѣйствительно, замѣнивъ въ ней потокъ  $\Phi$  потокомъ  $\Phi_1$ , получимъ слѣдующую величину произведенія  $Q_1 \Delta_1$ :

$$Q_1 \Delta_1 = \frac{p R}{2 \pi \zeta_1} \Phi_1 \dots (71)$$

Подставивъ затѣмъ полученную изъ этой формулы величину  $Q_1 \Delta_1$ , въ формулу 20 (см. § 3):

$$w_1 = \frac{1}{2} \rho l_1 Q_1 \Delta_1^2$$

и допустивъ опредѣленную потерю на нагреваніе обмотки индуктора  $w_1$ , можемъ вычислить наибольшую величину (амплитуду) плотности тока  $\Delta_1$ , которая выразится слѣдующей формулой:

$$\Delta_1 = \frac{2 w_1}{\rho l_1 (Q_1 \Delta_1)} \dots (72)$$

Зная же величины  $Q_1 \Delta_1$  и  $\Delta_1$ , найдемъ и величину  $Q_1$ .

Опредѣливъ, такимъ образомъ, наибольшую величину плотности тока  $\Delta_1$ , будемъ знать и дѣйствующую плотность тока  $\Delta_1$ , которая будетъ равна

$\frac{\Delta_1}{\sqrt{2}}$ . Эта величина въ обмоткѣ индукторовъ обыкновенно бываетъ около 200 амперовъ, или 20 абсолютныхъ единицъ силы тока, на квадратный сантиметръ.

Длина одной проволоки обмотки индуктора  $l_1$ , входящая въ формулу 72, будетъ зависѣть отъ устройства обмотки индуктора и легко опредѣлится при построении эскиза этой обмотки; приближительная же ея длина можетъ быть выражена слѣдующей формулой, подобной формулѣ 64':

$$l_1 = l_0 + 1,5 \frac{\pi D_1}{p} \dots \dots (73)$$

гдѣ  $D_1$  есть диаметръ средней окружности обмотки индуктора.

§ 25. *Опредѣленіе числа проволокъ въ обмоткѣ одной фазы индуктора и размѣровъ отверстій для ея помѣщенія и окончательное опредѣленіе размѣровъ индуктора.* Для опредѣленія числа проволокъ въ обмоткѣ одной фазы мы должны знать величину той разности потенциаловъ  $\frac{V}{m_1}$ ,

которая приходится на одну проволоку. Опредѣлить эту величину можно по формулѣ 52 или еще проще при помощи построения, показаннаго на фиг. 3 главы III (№ 9—10), принявъ въ обоихъ случаяхъ уголъ  $\varphi_2$  равнымъ нулю, такъ какъ добавочное сопротивление, отъ свойствъ котораго зависитъ уголъ  $\varphi_2$ , при нормальной работѣ двигателя должно быть непремѣнно выключено. Для опредѣленія же этой разности потенциаловъ нужно знать величины  $\frac{E_i}{m_1}$ ,  $\frac{E_a}{m_1}$  и  $\rho l_1 \Delta_1$ . Первые двѣ величины опредѣлятся безъ всякаго затрудненія по формуламъ 45 и 47', въ которыхъ коэффициенты Гопкинсона  $v_1$  и  $v_2$  можно принять около 1,1. Третья изъ этихъ величинъ можетъ быть вычислена непосредственно.

Формулы 45 и 47' суть слѣдующія:

$$\frac{E_i}{m_1} = v_1 \zeta_1^2 k \frac{\pi Q_1 \Delta_1}{p \mathcal{R}}$$

$$\frac{E_a}{m_1} = \frac{1}{v_2} \zeta_2^2 k \frac{\pi Q_1 \Delta_1}{p \mathcal{R}} \sin \psi = \frac{1}{v_1 v_2} \cdot \frac{E_i}{m_1} \sin \psi.$$

Зная напряженіе между концами обмотки одной фазы и то напряженіе, которое требуется для уравновѣшенія всѣхъ электродвижущихъ силъ, дѣйствующихъ на одну проволоку обмотки, опредѣлимъ и число проволокъ  $m_1$ ; оно будетъ равняться первому напряженію, дѣленному на второе.

Если заданное дѣйствующее напряженіе между двумя проводниками внѣшней сѣти есть  $V$ , то въ

случаѣ соединенія обмотокъ по способамъ, показаннымъ на фигурахъ 7 и 8, наибольшее напряженіе между концами обмотки, входящее въ нашъ расчетъ, будетъ такое:

$$V = \sqrt{2} V = 1,41 V \dots \dots (74)$$

въ случаѣ же соединенія обмотокъ по способу, показанному на фиг. 9, наибольшее напряженіе, на основаніи формулы 55', будетъ имѣть слѣдующую величину:

$$V = 0,577 \sqrt{2} V = 0,81 V \dots \dots (75)$$

Вычисливъ площадь поперечнаго сѣченія обмотки одной фазы и число проволокъ въ ней построивъ схему обмотки, можемъ опредѣлить, какъ площадь поперечнаго сѣченія проволокъ, такъ и размѣры отверстій для ихъ помѣщенія. Для того же, чтобы величина магнитной индукции была одинакова, какъ въ поперечномъ сѣченіи кольца, такъ и въ промежуткахъ между отверстиями, 0,9 суммы всѣхъ промежутковъ, соответствующихъ одному полюсу, должны равняться  $2b_1$ . Это условіе можно выразить такъ:

$$0,9 \frac{\pi D_1 - n d_1}{p} = 2 b_1,$$

гдѣ  $n$  есть число отверстій въ индукторѣ, а  $d_1$  размѣръ этихъ отверстій по длинѣ окружности.

Изъ этого уравненія получаемъ

$$\frac{n}{p z_1} d_1 = \frac{1}{z_1} \left( \frac{\pi D_1}{p} - 2,2 b_1 \right) \dots \dots (76)$$

гдѣ  $\frac{n}{p z_1}$  должно быть цѣлымъ числомъ.

Опредѣливъ окончательную длину отверстій по направленію радіуса и отложивъ затѣмъ величину  $b_1$ , найдемъ и величину внѣшняго диаметра индуктора.

По опредѣленіи окончательныхъ размѣровъ индуктора должно измѣниться и магнитное сопротивление его, но измѣненіе это мало отзовется на величинѣ всего магнитнаго сопротивления  $\mathcal{R}$ ; въ случаѣ же надобности неточность можетъ быть исправлена повторительнымъ расчетомъ.

§ 26. *Примѣръ расчета двигателей.* Для примѣра мы сдѣлаемъ расчетъ двухъ двигателей въ 24 и 12 дѣйствительныхъ лошадиныхъ силъ для трехфазнаго тока въ 25 періодовъ въ секунду при 200 вольтахъ дѣйствующаго напряженія между двумя проводниками во внѣшней сѣти.

Итакъ, для нашего примѣра

$$F = 25.$$

Число оборотовъ двигателя въ минуту должно быть около 500, а потому по формулѣ 59 (см. § 17).

$$\frac{500}{60} = 2 \frac{25}{p}$$

откуда  $p = 6$ .

Затѣмъ, по формулѣ 58 получимъ

$$\omega_0 = 4\pi \frac{25}{6} = 52,5$$

Допустимъ далѣе, что потеря на нагрѣваніе обмотокъ должна быть въ двигателѣ 24-сильномъ (0,075  $P^*$ ) и въ двигателѣ 12-сильномъ (0,087  $P^*$ ) и что 0,6 этого количества пойдетъ на нагрѣваніе обмотокъ арматуръ; тогда получимъ для перваго двигателя

$$w_2 = 0,045 P,$$

а для втораго двигателя

$$w_2 = 0,052 P;$$

на основаніи же формулы 60, получимъ для перваго двигателя

$$\omega = 50,3,$$

и для втораго

$$\omega = 49,9.$$

Отношеніе  $\frac{Q_2}{D}$ , которое, согласно формулѣ 63, можно брать въ предѣлахъ отъ 0,8 до 0,96, мы возьмемъ равнымъ 0,915.

Отношеніе  $\frac{l_0}{D}$  возьмемъ равнымъ 0,65.

Допустивъ далѣе, что обмотка арматуры будетъ сдѣлана коротко замкнутой по типу, показанному на фиг. 14, и что длина проволокъ между кольцами будетъ  $1,13l_0$ , получимъ, на основаніи формулы 64,

$$l_2 = \left( 1,13 \cdot 0,65 + \frac{\pi}{6} \right) D = 1,26 D.$$

Магнитную индукцію мы возьмемъ наименьшую для 25 періодовъ, то есть, допустимъ, что

$$B = 7900.$$

Для опредѣленія величины магнитнаго потока въ зависимости отъ діаметра (по формулѣ 66) мы допустимъ, что обмотка арматуры будетъ сдѣлана изъ круглыхъ проволокъ въ 8 миллиметровъ діаметромъ, и что толщина изоляціи

этихъ проволокъ будетъ равна одному миллиметру, тогда получимъ

$$\sigma_2 = 0,5 \text{ кв. см.}$$

$$\text{и } d = 1 \text{ сантим.}$$

Разстояніе между проволоками при этомъ должно быть взято между 1,96 и 1,64 сантиметра (см. § 21); при томъ же отношеніи  $\frac{Q_2}{D}$ , которое принято нами, это разстояніе будетъ

$$x = 1,72 \text{ сантим.}$$

Слѣдовательно, по формулѣ 66 получимъ

$$\Phi = 2,4 \left( 1 - \frac{1}{1,72} \right) \frac{0,65}{6} D^2 B = 0,109 D^2 B.$$

Подставивъ полученныя отношенія въ уравненіе 37-е и принявъ во вниманіе, что для избранной нами обмотки арматуры  $\zeta_2 = 1$ , получимъ

$$P = \frac{6^2 \cdot 0,915 \cdot 0,109^2 \cdot 7900^2}{32 \cdot 2,053 \cdot 10^3 \cdot 1,26} (\omega_0 - \omega) \omega D^4,$$

или

$$P = 2,97 \cdot 10^7 (\omega_0 - \omega) \omega D^4.$$

Выразивъ же мощность двигателя въ лошадиныхъ силахъ, получимъ

$$736 \cdot 10^7 \cdot HP = 2,79 \cdot 10^7 (\omega_0 - \omega) \omega D^4,$$

откуда

$$D^4 = \frac{2,47 \cdot 10^7}{(\omega_0 - \omega) \omega} HP.$$

Подставивъ сюда вмѣсто  $\omega_0$  и  $\omega$  равныя имъ величины, получимъ для 24-сильнаго двигателя

$$D = 21,8 \sqrt[4]{24} = 48,3 \text{ сантим.}$$

и для 12-сильнаго двигателя

$$D = 20,9 \sqrt[4]{12} = 38,9 \text{ сантим.}$$

Зная же діаметры арматуръ, найдемъ, что для перваго двигателя

$$l_0 = 0,65 D = 31,3 \text{ сантим.}$$

и для втораго

$$l_0 = 0,65 D = 25,2 \text{ сантим.}$$

\*) Эти цифры взяты изъ слѣдующей таблицы, относящейся къ курсу динамо-машинъ и электродвигателей

постояннаго тока, читаемому авторомъ въ Петербургскомъ Технологическомъ Институтѣ:

$EJ_a$	0,5	1	2	3	4	8	15	22	40	60	80	120	200	350
$W_m$	18	16	14	12	10	9	8	7	6,5	6	5,8	5,5	5,3	5
$W_e$	22	17	15	12,4	10	8,7	7,5	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,1	2

Здѣсь  $EJ_a$  представляетъ электрическую мощность арматуры, выраженную въ киловаттахъ,  $W_m$  — потери на треніе, сопротивленіе воздуха, токи Фуко и гистерезисъ и

$W_e$  — потери на нагрѣваніе обмотокъ арматуры и индуктора, причѣмъ  $W_m$  и  $W_e$  выражены въ процентахъ относительно  $EJ_a$ .

Точно также найдемъ слѣдующія числа проволокъ въ обмоткахъ арматуры: для перваго двигателя

$$\frac{\pi D}{x} = 88$$

и для втораго

$$\frac{\pi D}{x} = 71$$

Сдѣлавъ небольшое отступленіе отъ этихъ чиселъ и взявъ вмѣсто нихъ 90 и 72, получимъ числа проволокъ, годныя для устройства всякихъ обмотокъ, причемъ разстояніе между проволоками будетъ равно 1,69 сантиметра.

Ширину колець арматуры  $b_2$  отъ отверстій до внутренней окружности опредѣлимъ по формулѣ 67, причемъ величину  $x$  примемъ ту, которая была допущена при расчетѣ діаметра, то есть 1,72; тогда получимъ для 24-сильнаго двигателя

$$b_2 = 4,7 \text{ сант.}$$

и для 12-сильнаго

$$b_2 = 3,8 \text{ сант.}$$

Наконецъ, площади поперечнаго сѣченія замыкающихъ колець опредѣлятся по формулѣ 57 и будутъ равны для перваго двигателя

$$\frac{0,5 \cdot 90}{2 \cdot 6} = 3,75 \text{ кв. см.}$$

и для втораго

$$\frac{0,5 \cdot 72}{2 \cdot 6} = 3 \text{ кв. см.}$$

Плотность тока въ обмоткѣ арматуры можно повѣрить по формулѣ 27, допустивъ въ ней, что  $\lambda = 0$  и  $\varphi_2 = 0$ . Въ нашемъ примѣрѣ будетъ для перваго двигателя

$$\Delta_2 = \zeta_2 \frac{p}{4\rho l_2} \Phi (\omega_0 - \omega) = \frac{6}{4 \cdot 2053 \cdot 61} 2 \cdot 10^8 \cdot 2,2 = 52,7$$

и  $\Delta_2 = 37,3$  ед. *C.G.S.* или 373 ампера на кв. см.

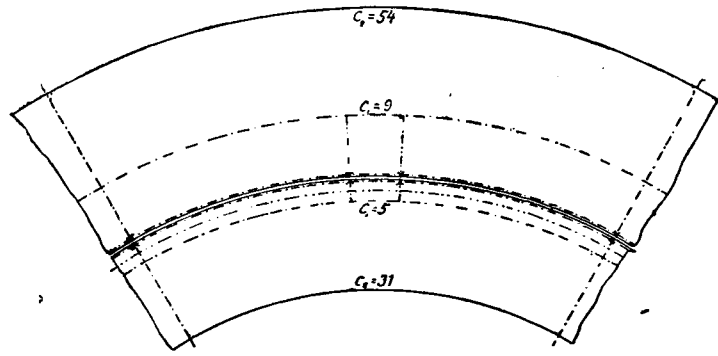
и для втораго двигателя

$$\Delta_2 = \frac{6}{4 \cdot 2053 \cdot 49} 1,3 \cdot 10^8 \cdot 2,6 = 50,5.$$

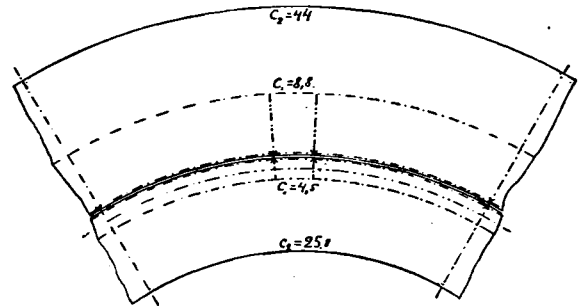
и  $\Delta_2 = 35,7$  ед. *C.G.S.* или 357 ампер. на кв. см.

Опредѣливъ размѣры арматуры, можемъ, руководствуясь соображеніями, высказанными въ § 23, построить предварительные эскизы магнитныхъ цѣпей и вычислить магнитное сопротивление ихъ по формуламъ 68, 69 и 70. Построенные такимъ образомъ эскизы одной вѣтви магнитнаго потока, обнимающей шестую долю окружности, показаны на фигурахъ 18 и 19. По этимъ эскизамъ могутъ быть измѣрены величины  $c_1$  и  $c_2$ , магнитная же проводимость  $\mu$ , входящая въ

формулу 68, для мягкаго желѣза, при  $B = 7900$ , можетъ быть принята равной 2200. Подставивъ



Фиг. 18.



Фиг. 19.

эти величины въ формулу 68, получимъ для перваго двигателя

$$\mathfrak{R}_1 = 0,255 \frac{54 - 9}{2200 \cdot 31,3 \cdot 5,6 \cdot \lg 6} = 0,385 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{и } \mathfrak{R}_2 = 0,255 \frac{31 - 5}{2200 \cdot 31,3 \cdot 4,7 \cdot \lg 6,2} = 0,257 \cdot 10^{-4}$$

а для втораго двигателя

$$\mathfrak{R}_1 = 0,255 \frac{44 - 8,8}{2200 \cdot 25,2 \cdot 4,55 \cdot \lg 5} = 0,51 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{и } \mathfrak{R}_2 = 0,255 \frac{25,8 - 4,5}{2200 \cdot 25,2 \cdot 3,8 \cdot \lg 5,75} = 0,342 \cdot 10^{-4}$$

Сопротивленіе междужелѣзнаго пространства опредѣлится по формулѣ 69. При разстояніи между окружностями индуктора и арматуры въ одинъ миллиметръ, это сопротивление будетъ для перваго двигателя

$$\mathfrak{R}_e = 0,71 \frac{6 \cdot 0,1}{48,3 \cdot 31,3} = 3,14 \cdot 10^{-4}$$

и для втораго

$$\mathfrak{R}_e = 0,71 \frac{6 \cdot 0,1}{38,9 \cdot 25,2} = 4,35 \cdot 10^{-4}$$

\*) Магнитная проводимость мягкаго листового желѣза при величинахъ  $B$  до 10000 можетъ быть принята равной 2200. См. таблицы магнитной индукціи въ книгѣ Г. Каппа «Динамо-машины, альтернаторы и трансформаторы».

Слѣдовательно, полное магнитное сопротивление, входящее въ наши расчеты, будетъ для перваго двигателя

$$\mathfrak{R} = (0,385 + 0,257 + 3,14) 10^{-4} = 3,782 \cdot 10^{-4}$$

и для втораго

$$\mathfrak{R} = (0,51 + 0,342 + 4,35) 10^{-4} = 5,202 \cdot 10^{-4}$$

Опредѣливъ величину сопротивления магнитной цѣпи, вычислимъ по формулѣ 31' уголъ  $\psi$ . Эта формула даетъ для перваго двигателя

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1,1 \cdot \pi \cdot 45}{2 \cdot 2053 \cdot 61 \cdot 3,782 \cdot 10^{-4}} (\omega_0 - \omega) = 1,64 (\omega_0 - \omega),$$

а при нормальной работѣ его, когда  $(\omega_0 - \omega) = 2,2$ ,

$$\operatorname{tg} \psi = 3,6$$

и

$$\psi = 74^{\circ} 30';$$

для втораго же двигателя

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1,1 \cdot \pi \cdot 36}{2 \cdot 2053 \cdot 49 \cdot 5,202 \cdot 10^{-4}} (\omega_0 - \omega) = 1,19 (\omega_0 - \omega),$$

а при нормальной работѣ его, когда  $(\omega_0 - \omega) = 2,6$ ,

$$\operatorname{tg} \psi = 3,1$$

и

$$\psi = 72^{\circ} 10'.$$

Теперь мы можемъ приступить къ расчету обмотки индуктора. Для этого нужно опредѣлить величину потока  $\Phi$ , которая опредѣлится по формулѣ 32' и будетъ для перваго двигателя

$$\Phi_1 = \frac{0,109 \cdot 48,3^2 \cdot 7900}{0,2672} = 7,5 \cdot 10^6,$$

а для втораго

$$\Phi_1 = \frac{0,109 \cdot 38,9^2 \cdot 7900}{0,3063} = 4,25 \cdot 10^6.$$

Зная величину потока  $\Phi$ , найдемъ далѣе для перваго двигателя

$$Q_1 \Delta_1 = \frac{6 \cdot 3,782 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 3,14} 7,5 \cdot 10^6 = 2700 \text{ ед. } C. G. S.$$

и для втораго двигателя

$$Q_1 \Delta_1 = \frac{6 \cdot 5,202 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 3,14} 4,25 \cdot 10^6 = 2100 \text{ ед. } C. G. S.$$

Такъ какъ мы допустили, что на нагреваніе обмотки арматуры пойдетъ 0,6 той мощности, которая идетъ на нагреваніе всѣхъ обмотокъ двигателя, то, слѣдовательно, должны допустить, что на нагреваніе обмотокъ индуктора пойдетъ 0,4 этой мощности, а потому можемъ написать, что для перваго двигателя

$$\omega_1 = 0,4 \cdot 0,075 P = 0,4 \cdot 0,075 \cdot 24 \cdot 736 \cdot 10^7 = 5,3 \cdot 10^9 \text{ ед. } C. G. S.$$

и для втораго

$$\omega_1 = 0,4 \cdot 0,087 P = 0,4 \cdot 0,087 \cdot 12 \cdot 736 \cdot 10^7 = 3,07 \cdot 10^9 \text{ ед. } C. G. S.$$

Допустимъ затѣмъ, что согласно формулѣ 73 для перваго двигателя

$$l_1 = 31,3 + 1,5 \frac{\pi \cdot 53}{6} = 73$$

и для втораго

$$l_1 = 25,2 + 1,5 \frac{\pi \cdot 43,5}{6} = 59,5.$$

Подставивъ полученныя величины въ формулу 72, найдемъ слѣдующія плотности тока въ обмоткахъ индукторовъ: для перваго двигателя

$$\Delta_1 = \frac{2 \cdot 5,3 \cdot 10^9}{2053 \cdot 73 \cdot 2700} = 26,2 \text{ ед. } C. G. S.$$

и

$$\Delta_1 = \frac{262}{\sqrt{2}} = 186 \text{ амперовъ на кв. см.}$$

и для втораго двигателя

$$\Delta_1 = \frac{2 \cdot 3,07 \cdot 10^9}{2053 \cdot 59,5 \cdot 2100} = 23,8 \text{ ед. } C. G. S.$$

и

$$\Delta_1 = \frac{238}{\sqrt{2}} = 169 \text{ амперовъ на кв. см.}$$

Раздѣливъ величины  $\Delta_1 Q_1$  на соотвѣтствующія величины  $\Delta_1$ , получимъ для перваго двигателя

$$Q_1 = \frac{2700}{26,2} = 104 \text{ кв. см.}$$

и для втораго

$$Q_1 = \frac{2100}{23,8} = 88,5 \text{ кв. см.}$$

Теперь можемъ вычислить величину напряженія, приходящуюся на одну проволоку обмотки индуктора. Слагающія этого напряженія  $\frac{E_i}{m_1}$ ,  $\frac{E_a}{m_1}$  и  $\rho l_1 \Delta_1$  будутъ слѣдующія (см. § 25): для перваго двигателя

$$\frac{E_i}{m_1} = 1,1 \cdot 0,955^2 \cdot 2\pi \cdot 25 \frac{\pi \cdot 2700}{6 \cdot 3,782 \cdot 10^{-4}} = 5,95 \cdot 10^8$$

$$\frac{E_a}{m_1} = \frac{1}{1,1^2} \cdot 5,95 \cdot 10^8 \cdot 0,964 = 4,75 \cdot 10^8$$

$$\rho l_1 \Delta_1 = 2,053 \cdot 10^3 \cdot 73 \cdot 26,2 = 0,0393 \cdot 10^8$$

и для втораго

$$\frac{E_i}{m_1} = 1,1 \cdot 0,955^2 \cdot 2\pi \cdot 25 \frac{\pi \cdot 2100}{6 \cdot 5,202 \cdot 10^{-4}} = 3,35 \cdot 10^8$$

$$\frac{E_a}{m_1} = \frac{1}{1,1^2} \cdot 3,35 \cdot 10^8 \cdot 0,952 = 2,64 \cdot 10^8$$

$$\rho l_1 \Delta_1 = 2,053 \cdot 10^3 \cdot 59,5 \cdot 23,8 = 0,029 \cdot 10^8.$$

Равнодѣйствующія этихъ трехъ величинъ, опредѣленныя посредствомъ графическаго по-

и для второго двигателя

$$m_1 = \frac{162}{1,19} = 136$$

и

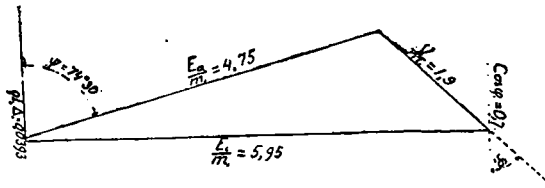
$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{z_1 m_1} = \frac{88,5}{3 \cdot 136} = 0,216 \text{ кв. см.}$$

Эти проволоки должны быть распределены на шесть полюсов; следовательно, на одинъ полюсъ приходится въ первомъ двигателѣ

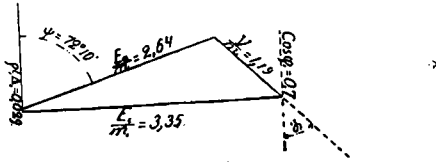
$$\frac{m_1}{p} = 14,2$$

и во второмъ двигателѣ

$$\frac{m_1}{p} = 22,7$$



Фиг. 20.



Фиг. 21.

строения, показаннаго на фиг. 20 и 21 будутъ для перваго двигателя

$$\frac{V}{m_1} = 1,9 \cdot 10^8 \text{ ед. } C. G. S. \text{ или } 1,9 \text{ вольта.}$$

и для второго

$$\frac{V}{m_1} = 1,19 \cdot 10^8 \text{ ед. } C. G. S. \text{ или } 1,19 \text{ вольта.}$$

Если допустимъ, что соединеніе обмотокъ отдѣльныхъ фазъ будетъ сдѣлано по способу, показанному на фигурѣ 9, то при дѣйствующемъ напряженіи между двумя проводами, равномъ 200 вольтамъ, наибольшее напряженіе одной фазы будетъ, по формулѣ 75,

$$V = 0,81 \cdot 200 = 162 \text{ вольта,}$$

а потому числа проволокъ въ обмоткѣ одной фазы и площади поперечнаго сѣченія одной проволоки должны быть для перваго двигателя

$$m_1 = \frac{162}{1,9} = 85$$

и

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{z_1 m_1} = \frac{104}{3,85} = 0,407 \text{ кв. см.}$$

$$m_1 = 84 \quad \text{и} \quad \frac{n}{p z_1} = 7$$

и для второго

$$m_1 = 144 \quad \text{и} \quad \frac{n}{p z_1} = 6$$

При этомъ мы допустимъ, что обмотки отдѣльныхъ фазъ будутъ сдѣланы по типу, показанному на фигурѣ 5.

Такъ какъ порядокъ соединенія между собою большого числа проволокъ, расположенныхъ по нѣскольку въ одномъ отверстіи, было бы неудобно представлять въ видѣ чертежа, то мы представимъ его въ видѣ таблицъ, показанныхъ на фиг. 22 и 23. Эти таблицы представляютъ собою относящіяся къ одной фазѣ и развернутые ряды отверстій въ желѣзномъ остовѣ индуктора съ вложенными въ нихъ проволоками, причемъ всѣ четныя цифры показываютъ одно направление тока, а нечетныя другое; порядокъ же цифръ указываетъ порядокъ соединенія проволокъ между собою.

1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА
82	74	70	66	62	58	54	50
84	76	72	68	64	60	56	52
86	78	74	70	66	62	58	54
88	80	76	72	68	64	60	56
90	82	78	74	70	66	62	58
92	84	80	76	72	68	64	60
94	86	82	78	74	70	66	62
96	88	84	80	76	72	68	64
98	90	86	82	78	74	70	66
100	92	88	84	80	76	72	68
102	94	90	86	82	78	74	70
104	96	92	88	84	80	76	72
106	98	94	90	86	82	78	74
108	100	96	92	88	84	80	76
110	102	98	94	90	86	82	78
112	104	100	96	92	88	84	80
114	106	102	98	94	90	86	82
116	108	104	100	96	92	88	84
118	110	106	102	98	94	90	86
120	112	108	104	100	96	92	88
122	114	110	106	102	98	94	90
124	116	112	108	104	100	96	92
126	118	114	110	106	102	98	94
128	120	116	112	108	104	100	96
130	122	118	114	110	106	102	98

Фиг. 22.

1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА	1 ФАЗА
4	5	9	13	17	21	25	29
6	7	11	15	19	23	27	31
8	10	14	18	22	26	30	34
12	16	20	24	28	32	36	40
14	18	22	26	30	34	38	42
16	20	24	28	32	36	40	44
18	22	26	30	34	38	42	46
20	24	28	32	36	40	44	48
22	26	30	34	38	42	46	50
24	28	32	36	40	44	48	52
26	30	34	38	42	46	50	54
28	32	36	40	44	48	52	56
30	34	38	42	46	50	54	58
32	36	40	44	48	52	56	60
34	38	42	46	50	54	58	62
36	40	44	48	52	56	60	64
38	42	46	50	54	58	62	66
40	44	48	52	56	60	64	68
42	46	50	54	58	62	66	70
44	48	52	56	60	64	68	72
46	50	54	58	62	66	70	74
48	52	56	60	64	68	72	76
50	54	58	62	66	70	74	78
52	56	60	64	68	72	76	80
54	58	62	66	70	74	78	82
56	60	64	68	72	76	80	84
58	62	66	70	74	78	82	86
60	64	68	72	76	80	84	88
62	66	70	74	78	82	86	90
64	68	72	76	80	84	88	92
66	70	74	78	82	86	90	94
68	72	76	80	84	88	92	96
70	74	78	82	86	90	94	98
72	76	80	84	88	92	96	100
74	78	82	86	90	94	98	102
76	80	84	88	92	96	100	104
78	82	86	90	94	98	102	106
80	84	88	92	96	100	104	108
82	86	90	94	98	102	106	110
84	88	92	96	100	104	108	112
86	90	94	98	102	106	110	114
88	92	96	100	104	108	112	116
90	94	98	102	106	110	114	118
92	96	100	104	108	112	116	120
94	98	102	106	110	114	118	122
96	100	104	108	112	116	120	124
98	102	106	110	114	118	122	126
100	104	108	112	116	120	124	128
102	106	110	114	118	122	126	130
104	108	112	116	120	124	128	132
106	110	114	118	122	126	130	134
108	112	116	120	124	128	132	136
110	114	118	122	126	130	134	138
112	116	120	124	128	132	136	140
114	118	122	126	130	134	138	142
116	120	124	128	132	136	140	144
118	122	126	130	134	138	142	146
120	124	128	132	136	140	144	148

Фиг. 23.

Опредѣливъ числа проволокъ и схемы обмотокъ можемъ вычислить и размѣры отверстій для помѣщенія проволокъ. По формулѣ 76 должно быть для перваго двигателя

$$7 d_1 = \frac{1}{3} \left( \frac{\pi \cdot 50}{6} - 2,2 \cdot 5,65 \right),$$

откуда

$$d_1 = 6,6 \text{ мм.}$$

и для втораго двигателя

$$6 d_1 = \frac{1}{3} \left( \frac{\pi \cdot 40,5}{6} - 2,2 \cdot 4,56 \right),$$

откуда

$$d_1 = 6,2 \text{ мм.}$$

Если возьмемъ для перваго двигателя проволоку, сѣченіемъ 5×8 миллиметровъ и допустимъ, что по ширинѣ отверстія на изоляцію и зазоры потребуется 2 миллиметра, а по высотѣ отверстія 4, то размѣры отверстій для этого двигателя будутъ

$$7 \times 20 \text{ миллиметровъ.}$$

Для втораго двигателя удобнѣе взять круглую проволоку, діаметромъ 5,2 миллиметра; при этомъ можно допустить, что на изоляцію и зазоры потребуется по ширинѣ отверстія около 1,8 миллиметра, а по высотѣ отверстія 4,2 миллиметра, тогда для этого двигателя размѣры отверстій будутъ

$$7 \times 25 \text{ миллиметровъ.}$$

Допустивъ затѣмъ, какъ было предположено при составленіи предварительнаго эскиза, что между краями отверстій и окружающими арматуры и индуктора со стороны междужелѣзнаго пространства будетъ оставлено по одному миллиметру, и что длина междужелѣзнаго пространства будетъ равна одному миллиметру, можемъ опредѣлить окончательные размѣры индукторовъ.

Опредѣленные такимъ образомъ внѣшніе діаметры индукторовъ будутъ для перваго двигателя

$$656 \text{ миллиметровъ}$$

и для втораго двигателя

$$547 \text{ миллиметровъ.}$$

Полученные по опредѣленіи размѣровъ отверстій окончательные размѣры желѣзныхъ основъ индукторовъ будутъ нѣсколько отличаться отъ тѣхъ, которые были приняты при расчетѣ магнитныхъ цѣпей, но разница между ними очень мало отразится на величинѣ сопротивленія магнитныхъ цѣпей, въ чемъ не трудно убѣдиться при разсмотрѣніи полученныхъ чиселъ.

Для сравненія полученныхъ нами результатовъ съ данными, взятыми изъ практики, мы приводимъ здѣсь сравнительную таблицу размѣровъ двигателей, разсчитанныхъ нами, и двигателей, работающих въ Новороссійскомъ портѣ и построенныхъ по чертежамъ завода «Броунъ и Бовери», въ 20 и 10 номинальныхъ лошадиныхъ силъ. Для того, чтобы такое сравненіе было болѣе полнымъ, нами было взято при расчетѣ то же число періодовъ, 25 въ секунду, на которое разсчитаны двигатели Броуна, хотя въ настоящее время такое малое число періодовъ употребляется весьма рѣдко; дѣйствительную же мощность двигателей мы взяли на 20% болѣе въ виду того, что при испытаніи двигателей отъ нихъ обыкновенно требуется продолжительная работа при перегрузкѣ въ 20% противъ номинальной мощности; слѣдовательно, такая перегрузка должна быть принята во вниманіе при расчетѣ и проектированіи. Кромѣ того, для той же цѣли, болѣе полного сравненія, мы ввели въ наши расчеты слѣдующія соотношенія, близкія къ тѣмъ, которыя приняты въ двигателяхъ Броуна:

$$l_0 : D = 0,65 \text{ (у Броуна } 0,615 \text{ и } 0,65)$$

$$\text{и } Q_2 : D = 0,915 \text{ см. (у Броуна } 0,925 \text{ и } 0,905).$$

Величины, полученные нами при расчетѣ двигателей, и соответствующія имъ величины, относящіяся къ двигателямъ Броуна, приведены въ слѣдующей таблицѣ, гдѣ первыя двѣ цифры относятся къ первымъ двигателямъ, а послѣднія двѣ ко вторымъ двигателямъ, при чемъ всѣ размѣры выражены въ миллиметрахъ.

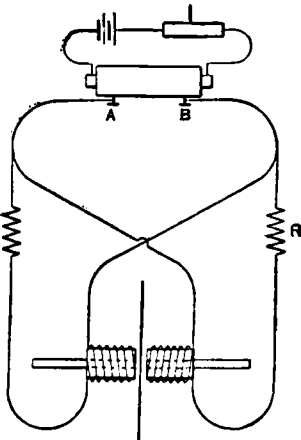
Діаметръ арматуры по срединѣ отверстій $D_0$ . . . . .	= 483 и 389;	488 и 386,5.
Внѣшній діаметръ арматуры . . . . .	= 495 и 401;	500 и 398,5.
Внутренній діаметръ арматуры . . . . .	= 379 и 303;	370 и 300.
Внутренній діаметръ индуктора . . . . .	= 497 и 403;	502 и 400,5.
Внѣшній діаметръ индуктора . . . . .	= 656 и 547;	650 и 525.
Длина желѣзныхъ частей индуктора и арматуры $l_0$ . . . . .	= 313 и 252;	300 и 250.
Число проволокъ въ обмоткѣ арматуры . . . . .	= 90 и 72;	90 и 70.
Діаметръ проволокъ въ этой обмоткѣ . . . . .	= 8;	8.
Число проволокъ въ обмоткѣ одной фазы индуктора . . . . .	= 84 и 144;	84 и 120.
Число отверстій для помѣщенія обмотки одной фазы . . . . .	= 42 и 36;	42 и 30.
Размѣры отверстій для помѣщенія обмотки въ индукторѣ . . . . .	= 7×20 и 7×25;	5×21 и 8×19.

(Окончаніе слѣдуетъ).

## ОБЗОРЪ.

**Дифференциальный телефонъ для измѣренія сопротивленія жидкостей.**—До сихъ поръ для измѣренія сопротивленія поляризующихся жидкостей употребляется, преимущественно, методъ Кольрауша; но существеннымъ недостаткомъ этого метода является то, что звукъ въ телефонѣ никогда не уничтожается, а только достигаетъ нѣкотораго минимума, моментъ наступленія котораго не поддается точному опредѣленію.

Недавно итальянскій профессоръ Федерико предложилъ для той же цѣли новый приборъ—дифференциальный телефонъ, употребленіе котораго вполне аналогично при измѣненіи дифференциальнаго гальванометра для измѣренія сопротивленія проводниковъ перваго рода. Устройство прибора слѣдующее. Переменный токъ идетъ отъ зажимовъ генератора А и В (см. фиг. 24) двумя параллельными вѣтвями къ двумъ одинаковымъ электромагнитамъ, расположеннымъ по обѣ стороны вибрирующей телефонной пластинки. Оба магнита дѣйствуютъ на желѣзную



Фиг. 24.

пластинку взаимно противоположно и, если силы токовъ, питающихъ ихъ, а также разстояніе ихъ отъ пластинки равны, то пластинка не будетъ вибрировать и телефонъ не дастъ звука.

Приборъ устанавливаютъ предварительно такъ, чтобы, при равенствѣ сопротивленій обѣихъ вѣтвей, телефонъ молчалъ; достигается это вдвиганіемъ или выдвиганіемъ одного изъ желѣзныхъ сердечниковъ электромагнитовъ. Затѣмъ, въ одну вѣтвь вводятъ неизвѣстное сопротивленіе  $x$ , въ другую—магазинъ  $R$  и подбираютъ сопротивленіе послѣдняго такъ, чтобы звукъ опять уничтожился. Тогда некое сопротивленіе равно сопротивленію магазина. Чтобы точно опредѣлить моментъ исчезновенія звука, телефонная пластинка съ обоими электромагнитами помѣщается въ закрытый металлическій футляръ, отъ котораго двѣ каучуковыя трубки ведутъ къ ушамъ наблюдателя.

Для полученія переменнаго тока авторъ трансформируетъ токъ небольшой батареи съ помощью особаго вибрирующаго коммутатора, приводимаго въ движеніе звучащей струной; колебаніе струны поддерживается такимъ же приспособленіемъ, которое пригодно въ камертонѣ—прерыватель Гельмгольца. Въ случаяхъ, когда требуется большая электродвижущая сила, авторъ употребляетъ индукционную катушку, первичный токъ которой прерывается тѣмъ же струннымъ прерывателемъ. Удобство послѣдняго заключается въ томъ, что, измѣняя натяженіе струны, можно легко и въ широкихъ предѣлахъ измѣнить число переменъ тока, и, кромѣ того, получающійся такимъ образомъ переменный токъ болѣе подходитъ къ синусоидальному, чѣмъ при употребленіи индукционной катушки съ обыкновеннымъ пружиннымъ прерывателемъ. Чувствительность измѣреній по этому методу достигаетъ 0,1%, а самое измѣреніе занимаетъ лишь нѣсколько секундъ, въ особенности при употребленіи жидкаго реостата.

(Electr. Engineer.)

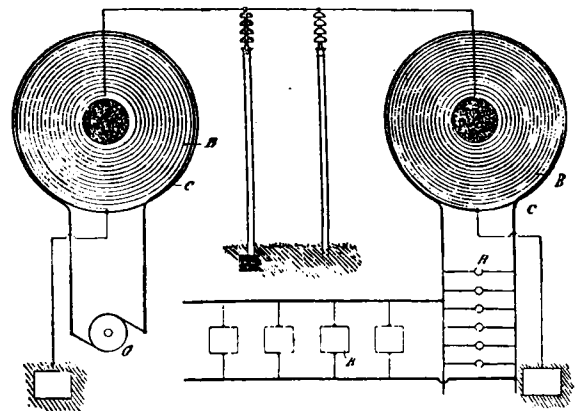
**Трансформаторъ Tesla для высокихъ потенциаловъ.**—Занимаясь въ послѣднее время почти исключительно токами высокихъ потенциаловъ, Н. Tesla выработалъ новый типъ трансформаторовъ

для этихъ токовъ, приспособленный специально къ передачѣ электрической энергіи на большія разстоянія.

При этомъ Tesla стремился къ слѣдующей цѣли: найти такой способъ обмотки трансформирующихъ спиралей, при которомъ достигалась бы возможно меньшая разность потенциаловъ между первичной обмоткой и ближайшими къ ней оборотами вторичной, а также между соседними оборотами вторичной обмотки. Оба эти условія являются необходимыми при употребленіи высокихъ потенциаловъ, во избежаніе разрядовъ внутри трансформатора.

Типъ трансформатора, избранный Tesla, представляетъ изъ себя плоскую спираль, причемъ вторичная обмотка заключается внутри первичной. Чѣмъ меньше число оборотовъ въ одномъ ряду обмотки, тѣмъ меньше, понятно, будетъ и разность потенциаловъ между двумя соседними рядами, и тѣмъ вѣрнѣе служитъ изоляровка; а это въ свою очередь позволяетъ употребить такіе высокіе потенциалы, которые непримѣнимы при обыкновенной обмоткѣ трансформатора. Одинъ изъ концовъ вторичной обмотки, именно ближайшей къ вѣтви ея поверхности, соединяется съ первичной обмоткой: благодаря этому, разность потенциаловъ между ближайшими ихъ оборотами совершенно уничтожается, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру спирали, т. е. съ удаленіемъ отъ первичной обмотки.

На фигурѣ изображенъ схематически трансформаторъ Tesla, а также и примѣненіе его къ передачѣ силы на разстояніе.



Фиг. 25.

А изображаетъ желѣзныя сердечники трансформатора, В и С—вторичную и первичную его обмотки; послѣдняя питается токомъ небольшого напряженія отъ альтернатора G. Трансформированный до очень высокаго потенциала токъ поступаетъ въ вѣтвистую линію, передающую его къ мѣсту назначенія, изъ конца спирали, ближайшаго къ центру; другой конецъ этой спирали отводится въ землю, замѣняющую такимъ образомъ обратный проводъ.

При этомъ Tesla выбираетъ длину проволоки, составляющей вторичную обмотку, такъ, чтобы она равнялась  $\frac{1}{4}$  длины волны получаемаго въ проволокѣ электрическаго возмущенія (эту длину легко вычислить, зная скорость распространенія волны и число переменъ альтернатора); а такъ какъ одинъ конецъ вторичной обмотки имѣетъ потенциалъ 0, то наивысшій потенциалъ получится какъ разъ въ центрѣ спирали, т. е. въ точкѣ, наиболѣе удаленной отъ первичной цѣпи. Благодаря этому возможность разряда между обѣими обмотками и опасность для людей, при уходѣ за машиной, сводятся до minimum'a.

Совершенно аналогично устраняется и вторая станція, которая можетъ питать лампы Н или двигатели К токомъ произвольно низкаго напряженія. Такъ какъ при этой системѣ передачи земля замѣняетъ одинъ проводъ, то линія должна быть возможно тщательнѣе изолирована при помощи высокихъ фарфоровыхъ изоля-



торовъ; во избѣжаніе же разряда въ землю черезъ со- сѣдніе предметы, предпочтительнѣе употреблять метал- лическіе столбы.

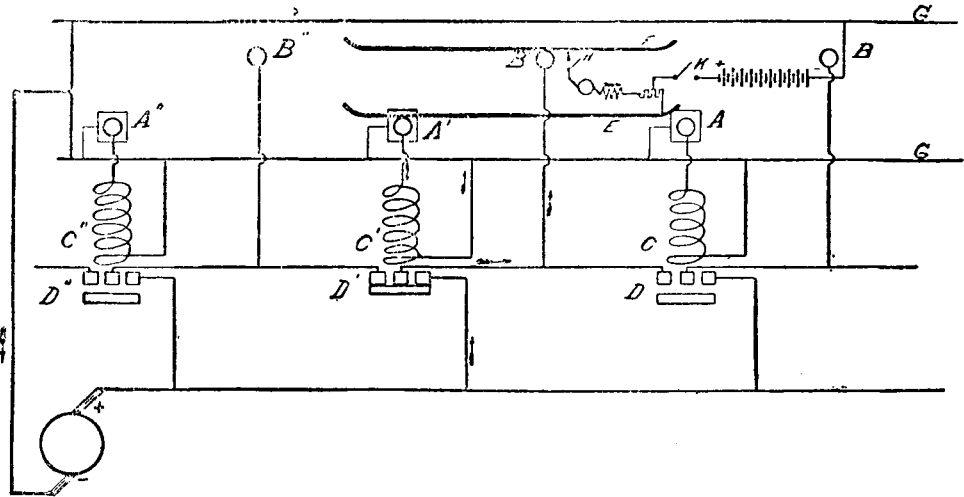
(Electr. Engineer).

**Электрическая желѣзная дорога съ по- верхностными контактами.** Среди существую- щихъ въ наше время системъ электрическихъ желѣз- ныхъ дорогъ, работающих отъ центральной станціи, обращаетъ на себя особенное вниманіе одна система, менѣе всѣхъ извѣстная, но обладающая большими и ори- гинальными достоинствами, обезпечивающими ей большую будущность. Это—такъ называемая система съ поверх- ностными контактами.

Отличается эта система тѣмъ, что не требуетъ ни столбовъ для натягиванія надземнаго провода, ни третьяго рельса; взаи́мнѣ этого между рельсами рас- положены два ряда круг- лыхъ, слегка выпуклыхъ, желѣзныхъ пластинокъ, изъ которыхъ одинъ рядъ соединяется съ положи- тельнымъ, другой съ отри- цательнымъ полюсомъ ге- нератора постоянного то- ка. При этомъ, однако, сообщеніе пластинокъ съ питаельными подзем- ными проводами происхо- дитъ лишь тогда, когда надъ ними проходить ва- гонъ; въ обыкновенномъ же состояніи онѣ изоли- рованы и тока отъ нихъ получить нельзя.

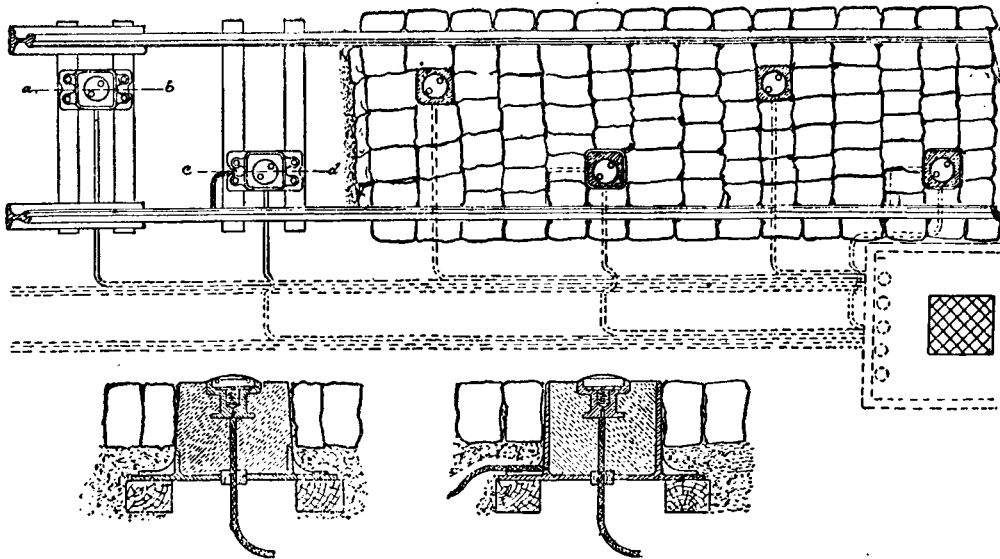
Фиг. 26 схематически изображаетъ эту систему. Одинъ полюсъ генератора, черезъ посредство подзем- наго кабеля и автоматиче- скихъ ключей D, D', D'' соединяется съ рядомъ кон- тактныхъ пластинокъ В, В', В''; другой полюсъ соеди- ненъ съ рельсами G G II, черезъ нихъ, съ другимъ ря- домъ пластинокъ А, А', А''; контакты, какъ видно на фигурѣ, расположены въ шахматномъ порядкѣ. Токъ передается въ ва- гонъ черезъ двѣ метал- лическія щетки Е F, въ родѣ лыжъ, скользящія каждая вдоль одного ря- да контактовъ; щетки эти прикрѣплены внизу ва- гона на пружинныхъ рес- сорахъ и длиною немно- го превосходятъ разстоііе между двумя сосѣдними пластинками. Въ вагонѣ помѣщаются указан- ные на фигурѣ моторъ, ре- оостатъ и небольшая ба- тарея аккумуляторовъ; одинъ полюсъ послѣдней соединенъ съ рельсами, другой — съ реостатомъ двигателя. Работа меха- низма происходитъ слѣ- дующимъ образомъ. Когда вагонъ стоитъ, всѣ ключи D, D', D'' разомкнуты, и всѣ пластинки В лишены тока; тогда замыкаютъ въ вагонѣ ключи Н и К: токъ отъ аккумуляторовъ, пройдя черезъ часть реостата и щетку Е, поступаетъ черезъ пластинку А' въ электромагнитъ С' и затѣмъ, черезъ рельсы воз- вращается въ батарею. Въ тотъ же моментъ электро-

магнитъ С' притягиваетъ якорь и замыкаетъ ключъ D'; тогда токъ отъ генератора, черезъ пластинку В' и щетку F, поступаетъ въ вагонъ и приводитъ въ движеніе мо- торъ. По выходѣ изъ мотора, токъ развѣтвляется: часть его возвращается въ генераторъ черезъ батарею акку- муляторовъ, заряжая ее; остальной токъ проходитъ по щеткѣ Е къ пластинкѣ А', а оттуда въ рельсы, причемъ опять часть его отвѣтвляется въ электромагнитъ С'. Съ этого момента батарея становится ненужной и, когда она вполнѣ зарядилась, ее можно выключить, разомкнувъ К; ключъ D' остается теперь замкнутымъ все время пока щетка вагона касается пластинки А'. Когда ва- гонъ придетъ въ движеніе (на фигурѣ — слѣва направо) щетка Е коснется пластинки А прежде, чѣмъ прервется сообщеніе ея съ А'; возвращающійся изъ мотора токъ



Фиг. 26.

намагнититъ электромагнитъ С и замкнетъ ключъ D; послѣдній установитъ сообщеніе съ положительнымъ полюсомъ генератора пластинокъ В' и В и т. д. Какъ



Фиг. 27.

только при движеніи вагона прерывается соединеніе щетки Е съ пластинкой изъ ряда А, соответствующій ключъ D автоматически размыкается и лишается тока двѣ сосѣднія пластинки ряда В. Такимъ образомъ, всѣ контакты вдоль пути остаются незаряженными, токъ

же сообщается только тѣмъ изъ нихъ, надъ которыми въ данный моментъ проходитъ вагонъ.

Вмѣсто того, чтобы помѣщать автоматическіе ключи D противъ соответствующихъ контактныхъ пластинокъ, они группируются по 20—30 штукъ въ общихъ, доступныхъ наблюдению, смотровыхъ колодахъ, какъ это видно изъ фиг. 27, показывающей подробности устройства и расположения контактныхъ пластинокъ.

Во избѣжаніе образованія вольтовой дуги при размыканіи автоматическихъ ключей, при нихъ устроены особые магнитные задуватели. Вообще, для усиленной работы коммутация эта должна быть устроена весьма тщательно.

Преимущества этой системы желѣзной дороги слѣдующія: она не загромождаетъ и не безобразитъ столбами улицъ и избѣгаетъ всѣхъ неудобствъ, сопряженныхъ съ соблюденіемъ чистоты прочной изоляціи трѣйгаго рельса; при ней исключена опасность случайнаго соприкосновенія съ рельсомъ или воздушнымъ проводомъ большого напряженія, такъ же, какъ и опасность разрыва послѣдняго, ибо на поверхности земли нѣтъ заряженныхъ частей; въ ней меньше, чѣмъ при другихъ системахъ утечка тока, и изоляція такъ же хороша въ сухую, какъ и въ дождливую и снѣжную погоду.

Дороги этой системы еще нигдѣ, кажется, не примѣнены на практикѣ; только въ Америкѣ есть небольшой пробный участокъ ея. Въ настоящее время первая подобная дорога въ Европѣ устривается въ Монте-Карло, въ княжествѣ Монако, французской компаніей Томсонъ-Гаустонъ. Дорога эта будетъ открыта въ непродолжительномъ времени.

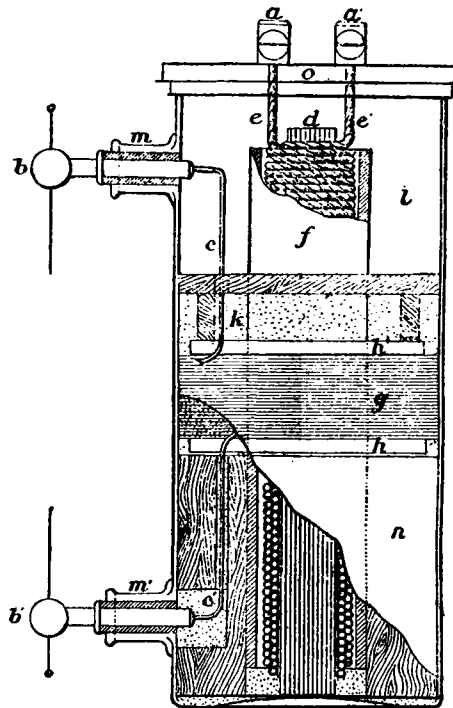
(Electr. Engineer).

**Новый трансформаторъ высокаго напряженія.**—Подобный трансформаторъ часто бываетъ необходимъ въ лабораторной практикѣ, а послѣ открытія Рентгена и во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ приходится практически примѣнять X—лучи. До настоящаго времени таковымъ трансформаторомъ почти исключительно являлась спираль Румкорфа. Между тѣмъ отдача спирали Румкорфа далеко не велика. Въ виду этого намъ кажутся весьма интересными попытки устроить трансформаторъ болѣе совершенный, чѣмъ спираль Румкорфа (мы конечно говоримъ о трансформаторахъ весьма высокаго напряженія: 300000—400000 вольтъ; при такихъ напряженіяхъ обыкновенные промышленные типы трансформаторовъ не годятся). Подобная попытка сдѣлана въ самое недавнее время Рошфоромъ и Видтсомъ (Wydts). Въ собраніи общества французскихъ гражданскихъ инженеровъ, происходившемъ въ Парижѣ 5 ноября 1897 года, они демонстрировали свою собственную индукціонную спираль параллельно со спиралью Румкорфа такихъ же размѣровъ. Они показали, что напряженіе даваемое ихъ спиралью почти въ два раза болѣе напряженія спирали Румкорфа и, кромѣ того, сила вторичнаго тока въ первой спиральи гораздо болѣе, чѣмъ во второй.

Подобные успѣхи достигнуты Рошфоромъ и Видтсомъ путемъ болѣе рациональнаго устройства спирали. Именно вторичная обмотка въ ихъ спирали занимаетъ только самую средину ея, кромѣ того, вторичная обмотка состоитъ изъ сравнительно небольшого числа оборотовъ и такимъ образомъ обладаетъ сравнительно небольшимъ внутреннимъ сопротивленіемъ и небольшой самондукціей. Эти измѣненія имѣютъ слѣдующее значеніе. Въ спиральи Румкорфа вторичная обмотка расположена вдоль всей спирали; но не всѣ витки этой обмотки находятся въ одинаковыхъ условіяхъ; именно, наибольшая электродвижущая сила индуктируется лишь въ среднихъ частяхъ обмотки, въ частяхъ же ея, расположенныхъ у концовъ спирали, индуктируются значительно меньшія электродвижущія силы. Это происходитъ оттого, что средняя часть обмотки пересѣкается всѣми силовыми линіями, возникающими въ пространствѣ около желѣзнаго сердечника; крайніе же витки обмотки пересѣкаются только частью силовыхъ линій, такъ какъ не всѣ силовыя линіи выходятъ прямо изъ концовъ желѣзнаго сердечника. Что же касается уменьше-

нія внутренняго сопротивленія и самондукціи вторичной обмотки, то все это влечетъ за собою усиленіе вторичнаго тока. Наконецъ Рошфоръ и Видтсъ примѣняютъ въ своей спиральи особый способъ изоляціи; именно, они погружаютъ всю спираль въ полужидкій изоляторъ (смѣсь углеводородовъ). Демонстрированная Рошфоромъ и Видтсомъ спираль давала искру въ 22 см.; при этомъ первичная обмотка брала 3,3 ампера при 6 вольтахъ, т. е. около 20 ваттовъ.

Приводимъ болѣе подробное описаніе спирали занимствуя его изъ L' Industrie Electrique, Разрѣзъ ея представленъ на фиг. 28.



Фиг. 28.

Желѣзный сердечникъ и первичная обмотка устроены такъ же какъ въ спиральи Румкорфа. Именно, желѣзный сердечникъ состоитъ изъ пучка проволокъ d; вокругъ него намотана толстая проволока ee', которая закрывается двумя зажимами a и a'; сверхъ первичной обмотки находится изолирующая труба f. Вторичная обмотка состоитъ изъ одной катушки g, которая занимаетъ средину спирали. Катушка g лежитъ на стеклянной пластинѣ h, опирающейся, въ свою очередь на деревянный цилиндръ n. Поверхъ катушки g лежитъ другая пластинка изъ стекла h'. Концы вторичной обмотки присоединены къ зажимамъ b и b' и вся спираль вертикально помѣщена въ стеклянный сосудъ, наполненный полужидкимъ изоляторомъ.

**Электрическая тяга системы Спрага.**—Въ іюль 1897 г. въ Чикаго производились испытанія электрической тяги по новой системѣ, которую предложилъ извѣстный американскій инженеръ Спрагъ.

По его системѣ каждый вагонъ имѣетъ свой отдѣльный электродвигатель и снабженъ всѣми необходимыми приборами, чтобы двигаться самостоятельно. Черезъ соединеніе какого угодно числа такихъ вагоновъ получается цѣлый поѣздъ. Устройство канализаціи и двигателей не играетъ роли въ новой системѣ. На производимыхъ испытаніяхъ двигателями служили четырехъ-полосные машины системы „G. E. 57“, по двѣ на каждый вагонъ. Нормальная сила машинъ была 50 HP, но въ случаѣ надобности онѣ могли развить и вдвое

больше. Существенную же часть системы Спрага представляет особаго устройства приборъ для регулированія и перемѣны хода. Въѣсто обыкновеннаго перроннаго коммутатора на платформѣ вагона находится цилиндрической ящикъ 10" діаметромъ и 4" высотой, отъ котораго по желѣзной трубѣ идутъ провода къ самому коммутатору, регулируемому оба двигателя. Коммутаторъ помѣщается или подъ сидѣньями, или въ особомъ шкафу, задвигаемомъ внутрь вагона. Въ центрѣ цилиндрической коробки насажена ручка, простымъ передвиженіемъ которой и производится регулированіе и перемѣна хода. Подобный приборъ имѣется въ каждомъ вагонѣ, и всѣ соединены вмѣстѣ такъ, что движеніе одного совершенно тождественно передается всѣмъ остальнымъ. Поѣздомъ, следовательно, можно управлять съ платформы любого вагона. Величина скорости хода зависитъ отъ степени поворота ручки въ ту или другую сторону, при чемъ машинистъ долженъ все время удерживать ручку въ желаемомъ положеніи, такъ какъ, предоставленная самой себѣ, она автоматически становится на стоишь.

Движеніе ручки спускового привода и коммутатора не находится, однако, въ прямой зависимости между собою: послѣдній можетъ дѣйствовать и автоматически. Такъ, если при какомъ-либо положеніи ручки токъ прервется, коммутаторъ автоматически становится въ свое нормальное положеніе, а съ возобновленіемъ тока постепенно приводится въ то положеніе, въ какомъ былъ въ моментъ прерыва. На случай перегрузки какого-либо вагона устроено приспособленіе для предохраненія механизма отъ поврежденія, пока нагрузка не распределится поровну между остальными. Если одинъ изъ вагоновъ почему-либо испортится, то онъ автоматически выключается изъ цѣпи и двигается на счетъ остальныхъ. Насколько движеніе вагоновъ независимое, показываетъ то обстоятельство, что крѣпленія одного вагона къ другому почти не испытываютъ натяженій.

Каждый вагонъ снабженъ тормазомъ Вестингауза. Для накачиванія воздуха служатъ электрической воздушный насосъ и аккумуляторы. Остановка поѣзда можетъ быть произведена съ любой платформы.

Соединеніе вагоновъ между собой устроено чрезвычайно просто и однообразно, при чемъ безразлично, какимъ концомъ присоединять вагоны другъ къ другу. Въ будущемъ изобрѣтатель надѣется примѣнить автоматическіе электрическіе соединители.

Преимущество описываемой системы заключается въ почти неограниченной провозоспособности поѣзда, такъ какъ каждый отдѣльный вагонъ дѣйствуетъ совершенно независимо отъ остальныхъ, тогда какъ при обыкновенной системѣ съ однимъ локомотивомъ число вагоновъ должно сообразовать съ силой этого послѣдняго.

Кромѣ того, оказывается, что при распределеніи движущей силы на всѣ вагоны каждый изъ послѣднихъ приобретаетъ гораздо большее ускореніе; поэтому поѣздъ, составленный изъ какого угодно числа такихъ вагоновъ, употребляетъ меньшее время для развитія нормальной скорости съ момента сдвига, нежели при локомотивной системѣ.

Эти обстоятельства имѣютъ большую важность въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ требуются частыя остановки и перемѣна скорости.

Такое, напримѣръ, движеніе пассажирское. Чрезвычайная раздробляемость поѣзда позволяетъ довести скорость передвиженія до крупной величины; сообразно требованіямъ, можно пускать въ ходъ цѣлые поѣзда или отдѣльные вагоны, увеличить число станцій и сократить время остановокъ до minimum'a; вагоны можно прицѣплять и отцѣплять на ходу при скорости 25 миль въ часъ, и направлять часть поѣзда по боковымъ путямъ.

Средняя скорость поѣздовъ установлена въ 15 миль въ часъ, при разстояніи между станціями 2.150 футъ и остановкахъ не болѣе 10 секундъ. Испытанія производились при средней скорости 18 миль и наибольшей 32 миль въ часъ.

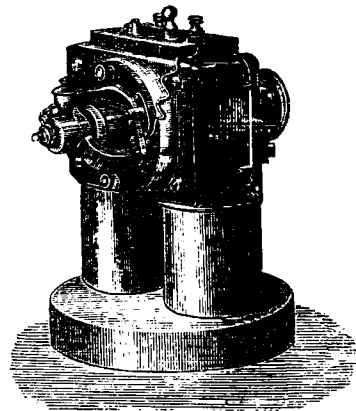
Были произведены также сравнительныя испытанія движеній одного вагона и поѣзда въ 5 вагоновъ. Ока-

залось, что первый дѣлалъ 38 миль, а второй 37, и каждый имѣлъ одинаковое ускореніе. При такой скорости сила тока была отъ 29 до 30 амперъ.

Двигатели были испытаны кромѣ того на 95 амперъ въ продолженіе часа, и на 200 въ продолженіе 10 минутъ. Дорога работаетъ при 600 вольтахъ. Вѣсъ одного вагона безъ пассажировъ—38.920 англійскихъ фунтовъ.

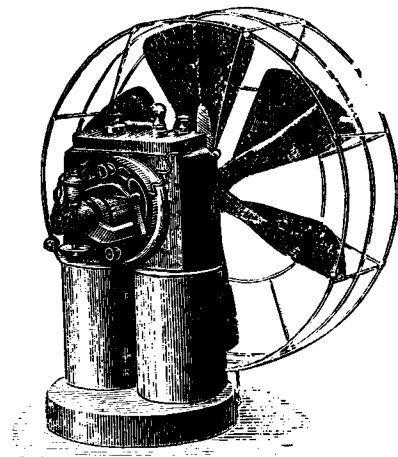
(Electrical World.)

**Новые электродвигатели Дуаньона.** На послѣдней выставкѣ Французскаго физическаго Общества въ Парижѣ обращали на себя вниманіе небольшіе электродвигатели, выставленные Дуаньономъ. Они занимаютъ небольшое пространство 0,15 см<sup>2</sup>. при 0,26 метра высоты и рассчитываются на мощность отъ 1 до 20 килограмметровъ. Эти двигатели, образецъ которыхъ



Фиг. 29.

представляетъ на фиг. 29, были заказаны Управленіемъ почты и телеграфовъ для примѣненія къ поднятію груза въ телеграфномъ аппаратѣ Юза и вполнѣ удовлетво-



Фиг. 30.

рили своему назначенію, давая хорошую отдачу. Они могутъ дѣйствовать, смотря по обмоткѣ, при 40 или 50 вольтахъ (таково напряженіе цѣпи зданія, гдѣ помѣщается телеграфъ) или при 110 вольтахъ. Подобные же электродвигатели примѣняются и для вращенія вентиляторовъ. (фиг. 30).

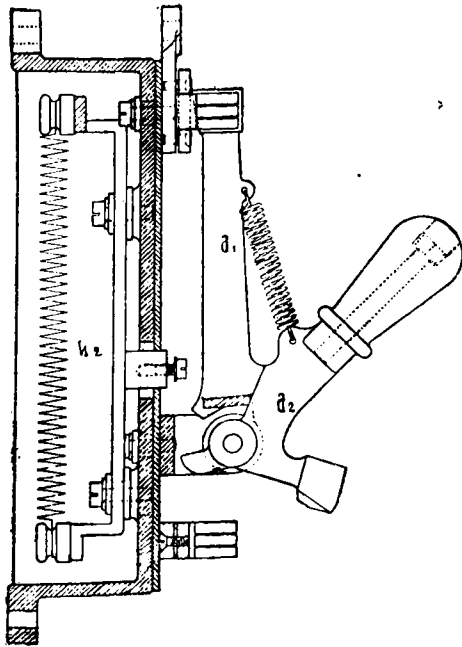
(L'Éclair. Électr.)

**Выключатель индуктивныхъ сопротивленій** (электромагнитовъ, динамо съ послѣдовательнымъ соединеніемъ). — Для опредѣленія мгновенной

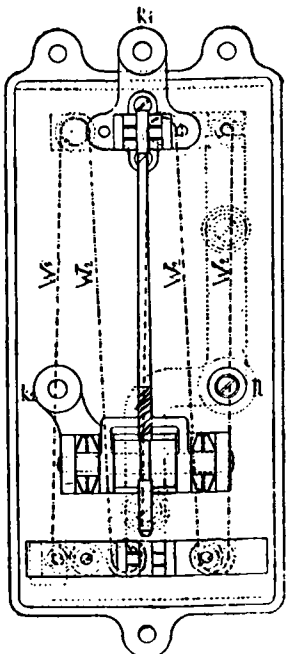
электродвижущей силы  $E_{max}$ , получающейся при включении индуктивного сопротивления, может служить следующее простое неравенство:

$$E_{max} < E - \frac{W_2}{W_1},$$

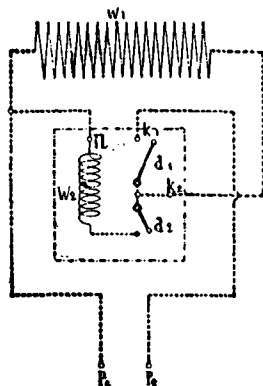
гдѣ:  
 $E$  — электродвижущая сила между  $P_1$  и  $P_2$  (фиг. 33).  
 $W_2$  — сопротивление (въ омах) находящагося въ приборѣ неиндуктивнаго сопротивления.  
 $W_1$  — сопротивление (въ омах) индуктивной обмотки.



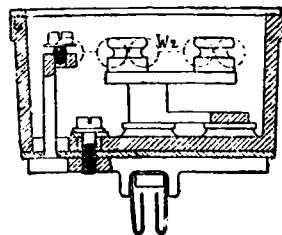
Фиг. 31.



Фиг. 32.



Фиг. 33.



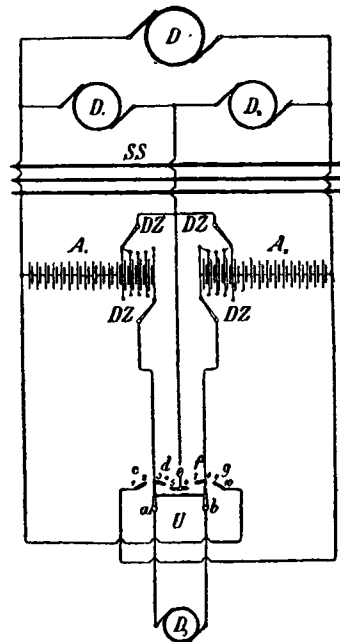
Фиг. 34.

Приборъ этотъ появился уже въ 1894 году, но съ тѣхъ поръ онъ значительно усовершенствованъ и получилъ весьма широкое распространение при употребленіи сильныхъ токовъ.

Какъ видно изъ фиг. 31—34, приборъ заключаетъ въ себѣ 2 рычага: главный  $d_1$  и добавочный  $d_2$ ; изъ нихъ первый служитъ для включенія и выключенія индуктивнаго сопротивления  $W_1$ , а послѣдній для неиндуктивнаго сопротивления  $W_2$ , находящагося внутри каждаго прибора. Оба рычага помѣщаются на общей оси и такъ соединены между собой помощью выстука и пружинки, что, при включеніи индуктивнаго сопротивления  $W_1$  въ цѣпь, рычажокъ  $d_1$  только тогда его вводитъ, когда рычажокъ  $d_2$  уже прервалъ свой контактъ, предупредивъ такимъ образомъ включеніе  $W_2$ . При выключеніи же сначала замыкается на мгновение добавочное сопротивление  $W_2$ , т. е. оно вводится параллельно съ сопротивленіемъ  $W_1$ , а затѣмъ уже, размыкая рычагъ  $d_1$ , прекращаютъ токъ въ томъ и другомъ изъ нихъ. Добавочное сопротивление внутри прибора равно приблизительно сопротивленію  $W_1$ ; оно состоитъ изъ нѣсколькихъ тонкихъ спиралей изъ нейзильбера, закрѣпленныхъ на изоляторахъ. Кромѣ примѣненія къ выключенію большихъ системъ электромагнитовъ въ машинахъ постоянного или переменнаго тока, этотъ приборъ удобопримѣнимъ, какъ выключатель маленькихъ динамо съ послѣдовательнымъ соединеніемъ. Вообще приборъ этотъ введенъ въ употребленіе во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда при выключеніи индуктивныхъ сопротивленій требуется избѣжать порчи изоляціи электромагнитовъ, или предупредить образованіе значительныхъ искръ на выключателѣ въ интересахъ его сохраненія.

(Elektrotechn. Zeitschrift.)

**О включеніи добавочныхъ динамомашинъ въ трехпроводныя установки.** — Вопросъ о наивыгоднѣйшемъ способѣ включенія динамомашинъ въ трехпроводныя установки принадлежитъ къ



Фиг. 35.

наиболѣе интереснымъ и въ то же время къ наиболѣе труднымъ въ теоріи электротехники. Въ виду этого мы намѣрены познакомить читателей „Электричества“ съ двумя послѣдними, но времени, попытками найти его удовлетворительное рѣшеніе.

Одно изъ рѣшеній, предложенное въ прошломъ году г. Груномъ (Max Gruhn), представлено схематически на фиг. 35. Въ распределительную доску SS уста-

новки поступает ток от динамомашин  $D, D_1, D_2$  и батарей  $A_1$  и  $A_2$ ; добавочная динамомашина  $D_3$  снабжена особым выключателем  $U$  (который будет описан ниже), служит для следующих пяти целей:

1) для повышения напряжения тока в положительной части проводов, при установке выключателя на  $a-e$  и  $g-b$ . Ток в динамомашине идет в таком случае через

$$D_3 - a - e - SS - g - b - D_3;$$

2) для отдельного зарядки  $+0$  батарей. Ток идет по

$$D_3 - a - d - DZ - A_1 - g - b - D_3;$$

3) для зарядки добавочных элементов  $DZ$  батареи на себя, или для зарядки всей батареи аккумуляторов, при последовательном включении ее в цепи вместе с динамомашинными  $D_1$  и  $D_2$ . Ток идет по

$$D_3 - a - d - DZ - A_1 - D_1 - D_2 - A_2 - DZ - f - b - D_3;$$

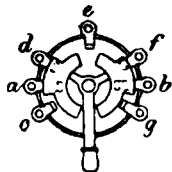
4) для отдельного зарядки  $0 -$  батарей. Ток проходит через цепи

$$D_3 - a - c - A_2 - DZ - f - b - D_3;$$

и 5) для повышения напряжения в отрицательной части проводов; в этом случае ток динамомашин  $D_3$  идет по

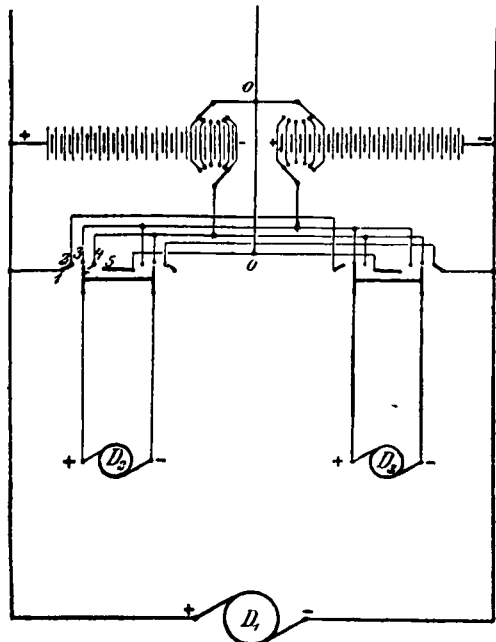
$$D_3 - a - c - SS - e - b - D_3.$$

Самый выключатель  $U$ , построенный г. Груном, изображен на фиг. 36; он состоит из рукоятки, снабженной двумя полукольцами, трущимися, при вращении рукоятки, о выступы  $a, b, c$  и т. д., соединенные, как видно на фиг. 35, с проводами цепи. Названные выступы выключателя и вырвышки полукольца сделаны таких размеров, что при каждом положении выключателя, с выступами  $a$  и  $b$  находятся в контакте только по одному из прочих выступов  $c, d, e$  и  $f$ .



Фиг. 36.

Фиг. 37.



Фиг. 37.

упрощение системы г. Груна. На фиг. 37, мы приводим схематическое изображение наиболее существенной части установки г. Кюглера.

Как видно из схемы, в установке работают всего лишь 3 динамомшины, главная  $D_3$ , доставляющая максимальное потребное для цепи напряжение, и две меньших динамомшины  $D_1$  и  $D_2$ , равной силы. Напряжение, развиваемое каждой из последних, вдвое меньше напряжения главной динамомшины. Все три машины приводятся в действие одним двигателем, с которым непосредственно соединена ременная передача только главной  $D_1$ ; машины  $D_2$  и  $D_3$  соединены ремнем не с самим двигателем, а с валом динамомшины  $D_1$ .

Каждая из малых машин  $D_2$  и  $D_3$  снабжена особым выключателем, сходным с выключателем г. Груна (фиг. 36). Таким образом динамо машины  $D_2$  и  $D_3$  служат не только вспомогательными машинами при параллельном включении их с главной динамо (соответственно  $D_1$  и  $D_2$  фигуры 35), но и добавочными и, как легко видеть, выполняют все функции особой, четвертой динамомшины  $D_3$  г. Груна.

Особенность системы г. Кюглера заключается в положениях 2 и 4 выключателя; именно в этих случаях добавочные машины превращаются в электродвигатели и передают силу на вал главной динамомшины  $D_1$ . Такое превращение энергии могло бы показаться не экономичным, если бы случаи зарядки одной части батарей были часты. В самом же деле, крайне редко случается, чтобы одна из половин батарей разрядилась сильнее другой, и разность напряжений той и другой части ее обыкновенно чрезвычайно мала.

Можно же подумать, что порча одной из динамомашин внесет разстройство в установку; но и это не так: остающиеся машины вместе с батареей аккумуляторов представляют настолько значительный источник электрической энергии, что выключение испортившейся динамо из цепи не вызовет ни расходов, ни уменьшения энергии в цепи.

Конечно, способ включения добавочных машин в трехпроводную установку, предложенный г. Кюглером, нельзя считать окончательным решением этого интересного вопроса; но во всяком случае, он представляет новейшую и, надо признать, весьма удачную попытку облегчить и удешевить пользование трехпроводными сетями.

(Elektrotechnische Zeitschrift.).

**Много и мало-вольтные лампы накаливания.** — В 1880 г. Эдисон установил первое электрическое освещение на улицах Menlo Park и взял лампы накаливания в 110 вольт. С тех пор, в течение 16 лет не было сделано значительного отступления от этого числа вольт, и только за последние 3—4 года стали вводить в употребление 220-вольтовые лампы.

В настоящее время в Англии есть уже много местностей, переменивших прежние 110-вольтовые лампы на 220-вольтовые, и по всем отзывам, последние действуют вполне удовлетворительно. Однако, вопрос о преимуществах тех и других ламп не может считаться практически решенным.

Преимущество ламп большого числа вольт заключается в большой экономии меди на проводах, вследствие их большого сопротивления и малого числа ампер. Сравнительно с 110 вольтовыми лампами, 220-вольтовые требуют для проводов меди вчетверо меньше и могут поэтому проводиться на таких расстояниях, на которые первая проводить было бы совсем невыгодно. При одинаковых расстояниях часть излишка меди можно употребить на уменьшение сопротивления проводов, а часть представила бы чистую экономию.

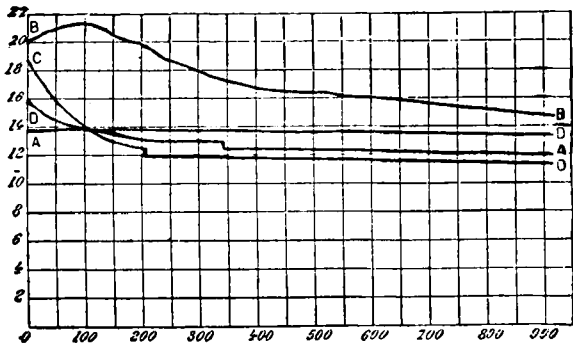
Это обстоятельство имеет большое значение в случаях дальнейшей передачи энергии, где потеря на проводах и затрата на их установку ставится на первый план.

В настоящее время г. Кюглер (A. R. Kugler) предложил иной способ включения динамомашин в трехпроводную установку, представляющий значительное

Другое преимущество 220-вольтовых лампочек состоит в томъ, что онѣ допускаютъ болѣе значительное колебаніе вольтъ, при той же степени колебаній силы свѣта съ 110-вольтовыми.

Въ укоръ 220-вольтовыми лампамъ ставятъ ихъ неэкономичность и дороговизну, но то и другое не коренные недостатки многовольтной системы, а лишь слѣдствіе несовершенства техники въ изготовленіи угольковъ.

Лучшіе волоски для лампъ накаиванія дѣлаются въ настоящее время изъ угольной нити, покрываемой слоемъ графита. Размѣры волоска зависятъ отъ числа свѣчей лампы, вольтъ, числа ваттъ на свѣчу, а также отъ удѣльнаго сопротивления и лучеспускательной способности самаго волоска. Графитовый слой дѣлаетъ волосокъ болѣе стойкимъ при высокихъ температурахъ и увеличиваетъ его лучеспускательную способность. Проводимость графитоваго слоя въ 7 разъ болѣе проводимости самаго уголька, такъ что накладывая надлежащій слой, можно мѣнять сопротивление волосковъ по желанію, не трогая ихъ длины. Однако, толщина графитовой покрывки не можетъ быть сдѣлана слишкомъ малой: очень тонкая покрывка быстро разрушается и тѣмъ увеличиваетъ сопротивление лампочки, которая при томъ же числѣ вольтъ много потеряетъ въ силѣ свѣта.



Фиг. 38. Сила свѣта (въ свѣчах) лампъ въ зависимости отъ числа отработанныхъ часовъ.

Поэтому для многовольтныхъ лампъ увеличеніе сопротивления волоска приходится достигать утонченіемъ и удлинненіемъ самаго волоска, размѣры котораго могутъ, наконецъ, сдѣлаться на практикѣ неосуществимыми. Тогда уже лучше не дѣлать совѣтъ графитовой покрывки, и лампочка лишится указанныхъ раше достоинствъ.

Наибольшее число вольтъ, которымъ можно пользоваться не жертвуя экономіей и качествомъ лампочки, зависитъ отъ числа свѣчей послѣдней. Такъ, для 110-вольтовыхъ наименьшее число свѣчей 12, и эти лампы уже менѣе экономичны, чѣмъ 16-свѣчевыя; для 55-вольтовыхъ — 6 свѣчей, а для 220-вольтовыхъ — 24 свѣчи, и уже при этомъ фабрикація волоска затруднительна вследствие необходимости увеличивать длину волосковъ. Затрудненіе возрастаетъ съ увеличеніемъ числа свѣчей лампочки. Такимъ образомъ, при маломъ числѣ свѣчей много-вольтныхъ лампъ работаютъ не экономично, а при большомъ дороговато стоятъ, и въ обоихъ случаяхъ мало-вольтная система пока имѣетъ преимущество.

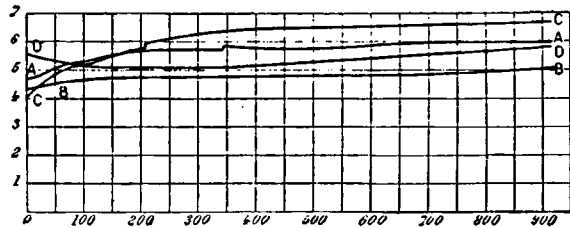
Всѣ 220-вольтныя лампы, фабрикуемыя въ настоящее время, имѣютъ или очень тонкую графитовую покрывку, или совѣтъ лишены ея. Безъ покрывки волосокъ имѣетъ большое сопротивление и можетъ быть короче, что удобно. Но оба вида волосковъ менѣе стойки, чѣмъ волоски 110-вольтовыхъ лампъ съ графитовой покрывкой нормальной толщины, а потому должны работать при меньшей температурѣ, что и дѣлаетъ ихъ менѣе экономичными. Такъ, 110-вольтовая лампа въ 16 свѣчей требуетъ 50 ваттъ, а 220-вольтовая — отъ 60 до 70, т. е. почти на  $\frac{1}{2}$  больше, и это главная при-

чина, почему много-вольтныя лампы не были до сихъ поръ въ употребленіи. Однако, сбереженіе мѣди при употребленіи 220-вольтовыхъ лампъ можетъ съ избыткомъ вознаграждать увеличеніе затраты на постановку болѣе сильныхъ машинъ и болѣе значительный расходъ энергіи на освѣщеніе.

Продолжительность службы 220-вольтовыхъ лампъ едва ли не болѣе 110-вольтовыхъ.

Хотя 220-вольтныя лампы давно уже обращаются на рынкахъ Америки, о качествахъ ихъ покупатель знаетъ только, что онѣ дороже стоятъ и требуютъ болѣе ваттъ на свѣчу. Съ цѣлью получить нѣкоторыя практическія данныя, въ Америкѣ были произведены испытанія этихъ лампъ, хотя и въ весьма ограниченномъ масштабѣ. Лампы были взяты отъ трехъ различныхъ фабрикаторовъ, пяти различныхъ образцовъ. Всѣ лампы выдержали испытаніе въ продолженіе 920 часовъ, и послѣ этого были еще въ хорошемъ состояніи.

Число вольтъ при испытаніи удерживалось постоянное, и замѣчалось измѣненіе силы свѣта и числа расходующихся ваттъ на свѣчу съ теченіемъ времени. Результаты наблюденій представлены графически на прилагаемыхъ чертежахъ. Какъ видно, сила свѣта лампъ сначала быстро падаетъ, но затѣмъ устанавливается неизмѣнной на долгое время. Число ваттъ на свѣчу довольно значительно, въ началѣ около четырехъ, а затѣмъ достигаетъ 5,6 и даже 7 ваттъ.



Фиг. 39. Потребленіе энергіи (въ ваттахъ) въ зависимости отъ числа отработанныхъ часовъ.

Были также произведены испытанія на перегораніе лампъ, для чего по лампѣ каждаго образца было введено въ цѣпь послѣдовательно и разное потенциаловъ постепенно повышалась отъ нормального числа вольтъ. Замѣчалось число вольтъ и амперъ въ моментъ перегоранія, и продолжительность горѣнія. Слѣдующія цифры показываютъ большую разницу въ прочности волосковъ.

ОБРАЗЦЫ.	Число вольтъ.	Число амперъ.	Секунды.
A . . . . .	316	1,06	31
B . . . . .	366	0,78	30
C . . . . .	447	0,85	40
D . . . . .	378	1,10	31

Производство болѣе экономичныхъ 220-вольтовыхъ лампъ требуетъ изобрѣтенія волоска съ большимъ сопротивленіемъ и хорошей стойкостью при высокихъ температурахъ. Этой цѣли можно достигнѣ или улучшеніемъ самаго уголька, или усовершенствованіемъ способа карбонизированія, чтобы можно было накладывать болѣе тонкій слой графита безъ уменьшенія прочности.

(Electrical World.)

Схема г. Баласнаго для спирали Румкорфа.

(Изъ письма въ редакцію).

Г. Баласный изъ Полтавы сообщаетъ намъ слѣдующее описаніе сдѣланнаго имъ видоизмѣненія спирали Румкорфа для цѣлей радиографіи помощью х-лучей. На фиг. 40 представлена схематически вся установка г. Баласнаго. Главное видоизмѣненіе заключается въ

добавленіи къ первичной катушкѣ спирали Румкорфа особаго „индуктора“ (название г. Баласнаго), т. е. спирали изъ довольно толстой мѣдной проволоки, намотанной на сердечникъ изъ желѣзной проволоки. Этотъ индукторъ снабженъ обыкновеннымъ молоточнымъ прерывателемъ, и въ цѣпь его влѣчаются 5—6 аккумуляторовъ.

## БИБЛІОГРАФІЯ.

Cours de Physique, par J. Chappuis et A. Berget. Paris. Gauthiers-Villars et fils, éd. 1898 697 p. in gr. 8°.

Курсъ физики. Шаппюи и Берже. Парижъ. Цѣна около 6 руб.

Этотъ курсъ написанъ по программамъ для поступающихъ въ спеціальныя парижскія школы (Éс. Normale, Centrale, Polytechnique). Онъ проходитъ въ спеціальныхъ математическихъ классахъ лицеевъ. Такимъ образомъ онъ занимаетъ среднее положеніе между элементарнымъ гимназическимъ курсомъ и университетскимъ. Въ Россіи въ настоящее время не имѣется такого курса, хотя именно къ нему довольно близки программы физики, читаемой въ спеціально техническихъ институтахъ.

Авторы лежащаго предъ нами Курса извѣстны уже своимъ сочиненіемъ: *Leçons de physique générale*, которое напоминаетъ читателю во многихъ мѣстахъ Курса, но значительно отличается отъ него по общему направленію.

Курсъ III. и B., хотя и содержитъ въ себѣ выкладки, основанныя на высшей математикѣ, но лишь въ самомъ ничтожномъ объемѣ; эти выкладки представляютъ собою лишь обобщеніе фактическихъ свѣдѣній, изложенныхъ раньше; при нихъ не требуется отъ читателя тонкаго анализа формулъ; онѣ служатъ скорѣе всего первыми примѣрами пользованія математическими приемами.

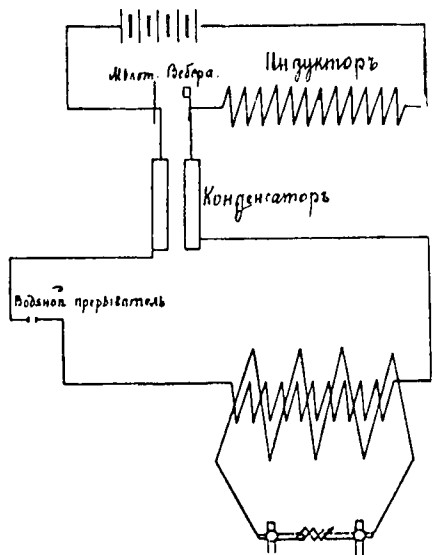
Механика, которая обыкновенно предпосылается современнымъ большимъ курсамъ физики, почти совершенно опущена въ сочиненіи III. и B.; сообщены лишь нѣкоторыя механическія формулы безъ выводовъ.

Такимъ образомъ первое впечатлѣніе о наукѣ физики получается у молодыхъ читателей не въ видѣ обобщающаго метода и не въ видѣ основныхъ механическихъ идей; Курсъ III. и B. вводитъ въ науку главнымъ образомъ мыслью объ измѣреніи явленій, проходящую красною нитью чрезъ всѣ главы; эта мысль выражается въ „измѣреніяхъ“, сообщаемыхъ при каждой новой величинѣ, въ детальныхъ разборахъ способовъ мѣры и въ множествѣ мелкихъ замѣчаній, направленныхъ къ уясненію практики дѣла измѣренія и значенія точнѣйшихъ результатовъ.

Вторымъ признакомъ научной мысли для читателей курса является всестороннее изслѣдованіе того или иного изъ обычныхъ явленій (какъ, напр. кипѣніе), могущее показать, какъ серьезно нужно отнестись ко всякому вопросу, чтобы составить надлежащій отвѣтъ; какъ можно и не подозревать о цѣломъ множествѣ сложныхъ подробностей, скрывающихся за простое вышнностью привычнаго явленія. Наконецъ, несомнѣнно важнымъ приемомъ должно явиться историческое изложеніе науки о нѣкоторыхъ явленіяхъ (напр., сжиженіе газовъ, электрическія явленія); историческій взглядъ кромѣ своего воспитательнаго значенія, какъ вырабатывающій критическое отношеніе, можетъ явиться уже просто интересною справкою для ума, увлеченнаго въ извѣстномъ направленіи.

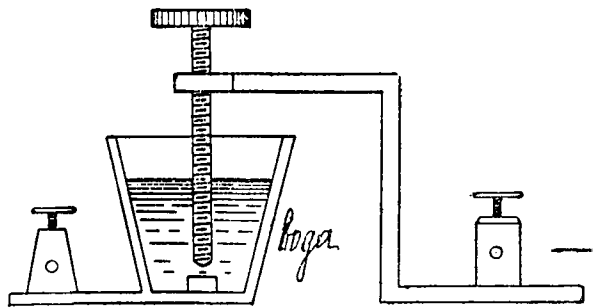
Намъ кажется, что способъ авторовъ ввести изучающаго въ широкій кругозоръ науки, начиная съ простѣйшихъ ея моментовъ и въ то-же время основныхъ, заслуживаетъ большого вниманія; какъ часто учить верхамъ науки слишкомъ рано и потому безцѣльно.

Что касается до выбора материала, то 1-ый томъ курса III. и B. содержитъ въ себѣ слѣдующія главы: послѣ измѣренія длины, угловъ, времени и массъ слѣдуютъ гидростатика и теченіе жидкостей (95—227 стр.). Затѣмъ слѣдуютъ: ученіе о толлѣ (расширеніе, измѣненіе состоянія, калориметрія), оптика (фотометрія, отраженіе, преломленіе, дисперсія, оптическія приборы, скорость свѣта) и статическое электричество съ магнетизмомъ. Лучшими являются главы о расширеніи и измѣненіи состоянія, что объясняется личными склонностями авторовъ и направленіемъ ихъ работъ. Однако, таково стремленіе французскихъ ученыхъ представить все съ точки зрѣнія французской науки, что даже весьма обстоятельная глава объ сжиженіи газовъ грѣшитъ отсутствіемъ замѣчательныхъ опытовъ Дьюара. В. Л.



Фиг. 40.

муляторовъ. Отъ штифта и молоточка прерывателя взято отвлѣченіе къ конденсатору въ 10 микрофарадъ, а отъ послѣдняго — оныя отвлѣченіе, цѣпь котораго составляютъ водяной разрядникъ и первичная катушка небольшой спирали Румкорфа. Водяной разрядникъ (фиг. 41) представляетъ собою мѣдный ставащичикъ, напол-



Фиг. 41.

ненный дистиллированной водою и имѣющій надъ платиновую пуговку; надъ которой на разстояніи 0,1—0,2 мм. помѣщенъ платиновый штифтъ. Размѣры приборовъ г. Баласнаго были слѣдующіе: индукторъ состоялъ изъ трехъ слоевъ 2 мм. мѣдной проволоки, намотанной на сердечникъ изъ желѣзной проволоки, длиною въ 45 см., а діаметромъ въ 4,5 см. Обмотка индуктора состоитъ изъ 360 витковъ; сопротивленіе 0,27 ома. Спираль Румкорфа, которою пользовался г. Баласный, давала искру въ 6—7 см., будучи употреблена, какъ обыкновенно, съ добавленіемъ же индуктора упомянутаго изобрѣтенія и по его схемѣ можно было довести длину искры до 16—20 см. Не касаясь теоретической стороны описаннаго изобрѣтенія, а равнымъ образомъ и коэффициента полезнаго дѣйствія всей установкы, редакция ограничивается сообщеніемъ фактической стороны такъ, какъ она описана въ письмѣ изобрѣтателя.

## РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

**Приборъ, основанный на соотношеніи, существующемъ между температурой и электрическимъ сопротивленіемъ.** — Соотношеніе, существующее между сопротивленіемъ и температурой металла, такъ просто, что часто можно пользоваться имъ въ промышленности. Такъ на этомъ соотношеніи основано устройство различнаго рода пирометровъ. Профессоръ физики университета въ Монреаль (Канада) Г. Календеръ изобрѣлъ новый приборъ, предназначаемый для измѣренія температуры металлической поверхности, на которой конденсируется паръ. Этотъ приборъ состоитъ изъ тонкостѣнной платиновой трубки около 7 мм. діаметромъ и 40 см. длиною. Толщина платины около 0,15 мм., а максимумъ разности температуръ внутренней поверхности и вѣншей не превышалъ въ опытахъ Календера 0,25 °Ц. Средняя температура самого металла опредѣлялась каждый разъ измѣреніемъ электрическаго сопротивленія той части трубки, на которой конденсировался паръ. Такимъ образомъ явилась возможность измѣрять конденсацію пара въ цилиндрахъ паровыхъ машинъ, и авторъ пришелъ къ выводамъ, значительно отличающимся отъ тѣхъ, которые получены были до сихъ поръ инженерами-механиками.

Вопросъ этотъ является однимъ изъ основныхъ въ теоріи паровыхъ машинъ и профессоръ Календеръ доказываетъ, что если будетъ принятъ законъ конденсаціи, найденный имъ, то изъ него можно будетъ вывести много слѣдствій, представляющихъ громадный практический интересъ. Вопросы, которые рѣшались до сихъ поръ лишь приблизительно, эмпирически, получаютъ теперь рациональное рѣшеніе.

**Примѣненіе электричества въ церковьныхъ колоколахъ.** — Въ виду большихъ неудобствъ уже давно пыталась замѣнить въ большихъ церквахъ звонарей какими-нибудь механическими приспособленіями. Заграничные журналы сообщаютъ о приспособленіи къ этой цѣли электричества въ церкви Св. Георгія въ Берлинѣ.

Маленькій электродвигатель мощностью въ 10 лощ. силъ, при 160 оборотахъ въ минуту, приводитъ въ движеніе валъ, на которомъ насажены три барабана, могущіе съ нимъ разобщаться. На сторонѣ каждаго изъ этихъ барабановъ помѣщаются маленькія трущія колеса, соединенныя съ валами. Когда колесо приподнимается къ барабану, оба они вращаются. Канать, прикрѣпленный однимъ своимъ концомъ къ барабану, дѣйствуетъ другими на языкъ колокола. Когда языкъ приходитъ въ середину, онъ поднимаетъ эксцентрикъ, который разъединяетъ колесо и барабанъ, и языкъ возвращается обратно. Грузъ дѣйствующій съ одной стороны на барабанъ, съ другой на канать, даетъ этому послѣднему достаточное натяженіе и препятствуетъ ему спутываться. Для наблюденія за звономъ трехъ колоколовъ достаточно одного человека, такъ какъ необходимо только поднимать собачки, находящіяся противъ барабановъ. Такимъ образомъ можно регулировать число колебаній увеличивая или уменьшая ихъ амплитуду.

**Электрическая передача силы на прядильной фабриктъ.** — Въ докладѣ, читанномъ въ американскомъ обществѣ инженера-механиковъ, В. Велеръ приводитъ интересныя данныя касательно мощности, поглощаемой веревочной и электрической передачами для привведенія въ движеніе машинъ на прядильной фабриктъ.

На первой станціи двигательная сила дается машиной Корлиса компаундъ въ 800 силъ, мѣняющей шкивъ въ 7,32 метра діаметромъ, на которомъ сдѣланы 20 углубленій, заключающихъ канаты въ 40 мм. толщины. Бумагопрядильня обладаетъ 11776 прядильными и 720 ткацкими станками. Всѣ прядильныя станки и до 682, въ среднемъ, ткацкихъ находились въ работѣ. На второй прядильнѣ двигательная сила получалась съ центральной станціи, находящейся по соседству, и токъ приводилъ въ движеніе 4 электродвигателя по 150 лощ. силъ каждый, по одному на каждый этажъ фабрики. Установка была сдѣлана въ январѣ 1897 года на 12448 прядильныхъ и 356 ткацкихъ станковъ.

На первой фабриктѣ поглощаемая мощность равнялась почти 539 лощ. силамъ, изъ которыхъ 228 герлихъ на передачѣ, какъ было вычислено измѣреніемъ мощности, расходуемой всѣми ремнями на шкивахъ. По другимъ расчетамъ авторъ нашелъ потерю равной 0,168 лощ. силъ на ткацкій и 1 лощ. силъ на 60 прядильныхъ станковъ, что согласуется съ вышеприведенными цифрами. Сравненіе съ электрической передачей привело автора къ выводу, что при этой послѣдней, употребляя 4 электродвигателя вмѣсто канатной передачи, получаютъ до 77 лощ. силъ экономіи.

**Мостъ черезъ Ламаншъ.** — Одна Парижская компанія предложила провести желѣзную дорогу изъ Франціи въ Англію черезъ Ламаншъ. Оригинальный проектъ этотъ состоитъ въ слѣдующемъ: на глубинѣ 15 метровъ ниже уровня самой низкой воды предполагается построить желѣзнодорожный мостъ, на которомъ будетъ двигаться на колесахъ громадная платформа, выступающая надъ поверхностью воды; приводитъ въ движеніе платформу предполагается электрической силой. Поѣздъ съ одного берега прямо, безъ пересадки, будетъ вѣзжать на платформу и перевозиться на противоположную сторону. При такомъ устройствѣ мостъ этотъ не будетъ мѣшать судоходству и не нарушитъ блестящаго изолированнаго положенія Великобританіи.

**Открытіе новаго магнитнаго полюса.** — Проф. Лейстъ, изъ Москвы, извѣтилъ Парижскую Академію Наукъ, что имъ найденъ земной магнитный полюсъ въ деревнѣ Кочетовкѣ, Курской губерніи. Въ данномъ мѣстѣ магнитная стрѣлка наклоненія принимаетъ вертикальное положеніе, которое измѣняется на 1 градусъ при удаленіи на 20 метровъ въ сторону. Стрѣлка же склоненія остается въ равновѣсіи въ любомъ направленіи. Подобные магнитные полюсы встрѣчаются иногда на сѣверѣ Россіи, но замѣчательно въ данномъ случаѣ то, что этотъ магнитный полюсъ лежитъ въ широтѣ 52°.

## О П Е Ч А Т К А:

Въ статьѣ А. А. Воронова въ № 8.

Въ формулѣ (41): пансчитано:  $W_2$ ; слѣдуетъ читать:  $w_2$ .