

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

## Приемы изученія переменныхъ токовъ.

Переменный токъ представляетъ собою столь сложное явленіе, что полная теорія его еще въ далекомъ будущемъ. Изъ многочисленныхъ его качествъ различные исследователи выдѣляютъ всегда то или другое, разбираютъ явленіе съ тѣми или иными ограниченіями.

Въ предлагаемой статьѣ излагаются нѣкоторые приемы изученія переменныхъ токовъ, причемъ совершенно исключенъ способъ „часовыхъ диаграммъ“, такъ какъ этому приему, по его важности, будетъ посвящена отдѣльная статья въ нашемъ же журналѣ.

### I.

Всякій, кому приходилось дѣлать простыя или сложныя электрическія измѣренія, знаетъ, какую огромную роль при разсужденіи объ электрическомъ токѣ играетъ законъ Ома. Въ настоящей статьѣ намъ придется изобразить эту роль со многихъ сторонъ, но предварительно мы считаемъ не лишнимъ сдѣлать необходимое отступленіе.

Въ свое время были сдѣланы точныя опыты, показавшіе, что законъ Ома соблюдается на дѣлѣ; какъ тогда, такъ и теперь всеѣмъ очевидно, что законъ Ома (обобщенія Кирхгоффа, Уаши) позволяетъ распутаться въ токахъ самой сложной сѣти: однимъ словомъ, положеніе этого закона твердо, его существованіе весьма полезно.

Но рядомъ съ этимъ мы имѣемъ несомнѣнно существующіе классы явленій, не подчиняющихся закону Ома; это невольно набрасываетъ тѣнь сомнѣнія и на тѣ случаи, когда онъ выполняется; является вопросъ: не кажущіяся-ли въ нихъ подчиненія закону Ома? Замѣтимъ напередъ, что, если бы мы даже вполне опредѣленно отвѣтили на этотъ вопросъ положительнымъ: да, то и тогда правильность примѣненія закона Ома насколько бы не пострадала; намъ придется лишь согласиться, что этотъ законъ ничего не выражаетъ, а служить лишь удобнымъ способомъ разсужденія въ тѣхъ или иныхъ случаяхъ, и придется еще быть очень осторожнымъ въ примѣненіи его, такъ какъ оставаясь постоянно лишь на способѣ разсужденія, не заглядывая въ сущность дѣла, можно сдѣлать крупныя ошибки въ результатахъ.

Читатель во многихъ мѣстахъ настоящей статьи можетъ убѣдиться въ слѣдующимъ доводѣ противъ истинности закона Ома: онъ представляетъ собою исторически сложившійся способъ представленія, заимствованный электриками изъ другихъ областей физики; такихъ заимствованій немало было въ ученіи объ электричествѣ: Біо полагалъ, что зарядъ удерживается на тѣлѣ атмосфернымъ давленіемъ, Данильбертъ представлялъ себѣ электризацію отъ тренія выдавливаніемъ нѣкоей жидкости изъ тѣла (тепловая аналогія). Электростатическія взаимодѣйствія, а затѣмъ, явленія искры, молніи, заставили предполагать, что въ проводникѣ во время тока происходитъ теченія электричествъ, стремящихся къ сближенію. Многія думали, что токи бываютъ различныя по своимъ дѣйствіямъ, какъ различны лучи тѣла или свѣта, но эта грубая аналогія не выдержала опы-

товъ Фарадея и друг. Гораздо глубже было подобіе, найденное Омомъ между *закономъ теченія тепла* отъ высшей температуры къ низшей и закономъ электрическаго тока. Законъ движенія тепла былъ открытъ къ тому времени Фурье, въ 1822 г.; Омъ и примѣнилъ его къ электрическимъ явленіямъ въ 1827 г., причемъ подробно развилъ такое представленіе: электричество течетъ по проволоцѣ подобно теплу, текущему по стержню; оно заряжаетъ до извѣстнаго напряженія, средняго между начальнымъ и конечнымъ, всѣ сѣченія этой проволоки, какъ и потокъ тепла устанавливаетъ нѣкоторыя температуры по всему своему пути.

Тѣла различаются по своей способности проводить электричество, какъ различаются хорошіе и дурные проводники тепла, и даже, говоря вообще, одни и тѣ же тѣла служатъ проводниками и изоляторами и тепла, и электричества (напр. серебро и воздухъ).

Было бы нелѣзно спрашивать себя, одинакова ли количественно проводимость тепла и электричества напру. у мѣди. Тепло есть энергія; исчисляя приходъ тепла, мы измѣряемъ энергію, но электричество не есть энергія; мы получимъ энергію электрическаго тока ( $i$ ), если помножимъ квадратъ его на сопротивленіе ( $r$ ) провода, такъ какъ таково выраженіе той энергіи (въ видѣ тепла), какая доставляется токомъ въ единицу времени. Согласно закону Ома сказанное выраженіе получаетъ видъ.

$$i^2 r = ei,$$

такъ какъ  $ir = e$ , гдѣ  $e$  есть разность напряженій у концовъ провода.

Но не существуетъ и качественного подобія между обоими проводимостями, хотя раньше оно и было предполагаемо многими учеными. Достаточно упомянуть, что электрическая проводимость металловъ уменьшается съ увеличеніемъ температуры (исключенія очень рѣдки и существуютъ лишь при температурахъ особенно низкихъ), тогда какъ у тепловой проводимости не наблюдается никакого подобнаго правила.

Въ слѣдующемъ мы будемъ главнымъ образомъ говорить о токѣ постоянномъ или установившемся, т. е. такомъ, который ни во всемъ проводѣ, ни въ какой его части со временемъ не мѣняется. Установиться можетъ и тепловой потокъ, если, напримеръ, онъ течетъ по стержню, одинъ конецъ котораго находится въ кипящей водѣ, другой—въ постоянно возобновляемомъ тающемъ снѣгѣ. Между двумя этими токами будетъ однако разница; мы признаемъ, что тепло излучается съ поверхности своего проводника, и потому оно вступаетъ въ него изъ воды въ большемъ количествѣ, чѣмъ попадаетъ въ снѣгъ; изученіемъ же электричества съ поверхности провода мы будемъ пренебрегать\*), и потому получимъ токъ

\*) Хотя всякій діэлектрикъ проводитъ, особенно въ раскаленномъ состояніи; это замѣчаютъ напр. въ горящихъ лампочкахъ накалыванія. Кроме того, какъ извѣстно, проводникъ можетъ расплываться съ поверхности (особенно въ разряженномъ пространствѣ) и, наконецъ, отдавать свой зарядъ подѣ дѣйствіемъ свѣта.

одним и тѣм же въ какой бы части проводника, не имѣющей отвѣтвленія, мы его ни измѣряли.

Но предвѣрительно необходимо коснуться и того времени, когда токъ еще только устанавливается, при этомъ сначала мы будемъ имѣть въ виду лишь тепловую аналогию, какъ это дѣлалъ и Омъ.

Было сказано, что каждое сѣченіе проводника заряжается до извѣстнаго потенциала; отсюда слѣдуетъ, что въ каждомъ сѣченіи пребываетъ нѣкоторое количество электричества, зарядившее его, и притомъ, конечно, отъ источника тока. Пока токъ постоянный, распределение потенциаловъ точекъ дѣли неизмѣнно, и эти количества электричества неподвижно остаются на соответствующихъ сѣченіяхъ; самый же актъ ихъ распределения имѣлъ мѣсто до того, какъ токъ установился постояннымъ. Это было переменное состояніе тока; пока оно продолжалось, токъ не былъ однимъ и тѣм же во всѣхъ сѣченіяхъ, такъ какъ электричество не протекало отъ одного конца проводника до другого, но оставалось на пути, заряжая послѣдовательно одно сѣченіе за другимъ; изъ этого одного уже слѣдуетъ, что при такомъ переменномъ состояніи токъ не подчиняется закону Ома.

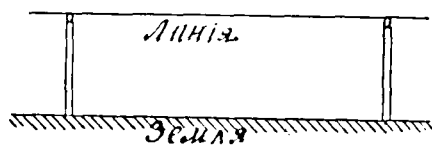
Такое переменное состояніе бываетъ и у тепловаго тока, пока каждое сѣченіе стержня не нагреется до своей определенной температуры.

Въ большомъ числѣ случаевъ переменнымъ состояніемъ пренебрегаютъ, но нерѣдко бываетъ важно знать, какая притомъ дѣлается ошибка, а потому интересенъ вопросъ, долго ли продолжается такое переменное состояніе тока. Давно уже пытались рѣшить этотъ вопросъ на опытъ, причемъ почти всегда) и вполнѣ ошибочно предполагали, что продолжительность этого состоянія говорить о скорости распространения электричества. Первый, вполнѣ ясно понявшій это явленіе, былъ Гюгенъ. Онъ разсудилъ, что, если нужно зарядить всѣ сѣченія проводника, то время, въ какое это зарядженіе будетъ произведено, зависитъ 1) отъ того, какой силы токъ можетъ вообще идти по дѣли (т. е. отъ э. д. с. въ дѣли и сопротивленія) и во 2) отъ того, сколько и куда нужно доставить электричества, чтобы зарядить проводникъ (т. е. отъ величины и распределения емкости дѣли). При этомъ Гюгенъ высказалъ предположеніе, что, разъ проводникъ заряженъ, электричество распространяется мгновенно.

На опытахъ напр. Фарадея переменное состояніе тока продолжалось около 2-хъ секундъ; наблюденіе производилось надъ телеграфной линіей въ 2.400 в.м. длиною (съ землею, какъ обратнымъ проводомъ), въ началѣ, среднѣи и концѣ которой были включены гальванометры.

Первый гальванометръ показывалъ отклоненіе тотчасъ послѣ замыканія дѣли, второй спустя нѣкоторое время, третій опаздывалъ почти на двѣ секунды. Такая значительная продолжительность переменнаго состоянія тока объясняется большою емкостью проволоки, служившей для опыта.

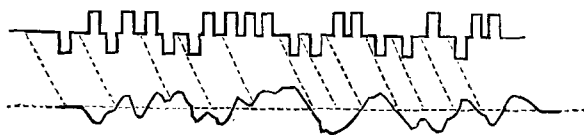
Обыкновенная воздушная телеграфная линія съ землею, какъ обратнымъ проводомъ, представляетъ изъ себя незначительную емкость, такъ какъ между обложками конденсатора, который представляетъ собою такая линія (фиг. 1), т. е. между проволокой и землею, находится



Фиг. 1.

воздухъ вещество съ малою удѣльной емкостью, кромѣ того проволока находится на значительномъ разстояніи отъ земли. Замедленіе телеграфныхъ токовъ между Петербургомъ и Москвою достигаетъ однако  $\frac{1}{40}$  сек. Нерационально большее замедленіе происходитъ въ кабеляхъ

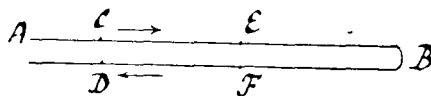
подводныхъ телеграфныхъ линій: емкость кабеля гораздо больше, потому что онъ лежитъ близко у земли и діэлектрикомъ между нимъ и землею служитъ гуттаперча, имѣющая большую удѣльную емкость. Явленіе обратное періоду зарядженія кабеля представляетъ собою періодъ его разрядженія.



Фиг. 2.

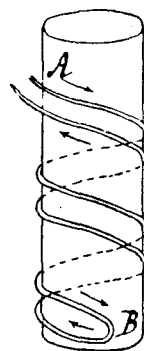
Фиг. 2 представляетъ сверху токъ, посылаемые въ трансатлантической кабелю, и снизу—искаженные токы, получаемые съ дальняго конца этого кабеля. Эти искаженія сигналовъ, выражающія, что нуженъ большой промежутокъ времени, чтобы зарядить и разрядить кабелю, могутъ быть сколь угодно уменьшены, если позволить напр. кабелю быстрее терять свой зарядъ, ослабивъ его изоляцію, или уменьшивъ сопротивленіе его мѣдныхъ жилъ. Но непонятно, что ослабленіе изоляціи, хотя и увеличитъ токъ, посылаемый въ кабелю отъ батареи, но въ тоже самое время чрезвычайно низведетъ токъ, получаемый въ приемный аппаратъ\*).

Если существуетъ обратный проводъ, то слѣдуетъ принять во вниманіе еще и то, что всякій элементъ С



Фиг. 3.

(фиг. 3) съ противостоящимъ ему D составляетъ элементарный конденсаторъ, съ тѣмъ большею емкостью, чѣмъ ближе провода другъ къ другу; при этомъ разность потенциаловъ точекъ С и D больше, чѣмъ точекъ Е и F. Этотъ случай относится уже и къ обыкновеннымъ лабораторнымъ приборамъ. Обыкновенные магазины сопротивленій устроятся такимъ образомъ, что токъ, идя изъ А, возвращается (фиг. 4) черезъ В въ С; мы имѣемъ здѣсь дѣло съ тѣмъ же случаемъ, что и на фиг. 3, если пренебрегать взаимодействіемъ одной пары оборотовъ на другую и, конечно, земли. Этотъ способъ намотки называется бифиллярнымъ.



Фиг. 4.

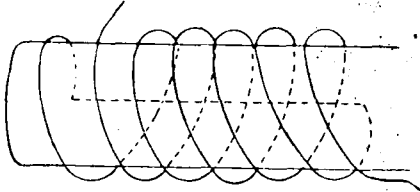
Если сопротивленіе проволоки А В С велико (напр. тысячи омовъ), то происходящая вслѣдствіе этого (даже при малыхъ токахъ) значительная разность потенциаловъ концовъ А и С придаетъ большое значеніе емкости такого магазина; въ этомъ случаѣ выгодно бываетъ употреблять дробные резистаты, въ суммѣ дающіе тоже сопротивленіе.

Шалеронъ предложилъ такой способъ наматыванія проволоки сопротивленія, при которомъ емкость играетъ гораздо меньшую роль. Шалеронъ наматываетъ не бифиллярно, но одну проволоку, въ нѣсколько слоевъ; кончивъ одинъ слой, онъ возвращается назадъ, производя намотку уже въ обратномъ направленіи. Вслѣдствіе этого понижается разность потенциаловъ между соседними оборотами.

\*) Гюстенъ вычислилъ, что если понизить изоляціи съ 85.10<sup>9</sup> омъ на морск. милю до 100 омъ, то токы не искажались бы вовсе, можно было бы передавать посредствомъ телефона звуки, но зато на станціи назначенія получались бы токы въ  $5 \times 10^{47}$  разъ меньшіе отправляемыхъ.

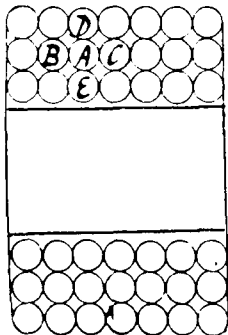
Фромме из своих опытов заключает, что при бифилярном способе при 500 ед. Сил. уже заметна емкость, при Шапероновском в 3000 ед. Сил. емкости еще незаметно, и он эквивалентен дробным бифилярным реостатам.

При обмотке электромагнитов этот вопрос усложняется тем, что все обороты должны быть навиты в одну сторону. Обмотка производится для по фиг. 5



Фиг. 5.

или так, что, окончив один слой от А к В, возвращаются другим слоем от В к А, не меняя направления обматывания. Первый способ гораздо выгоднее по отношению к емкости, т. к. разность потенциалов слоев (фиг. 6) В на столько же напр. ниже потенциала А, на сколько А ниже С, вследствие первой разности А иметь заряд  $+q$ , вследствие второй  $-q$ . Точно также потенциал Е настолько же ниже потенциала А, насколько А ниже D, так как обе эти разности соответствуют падению потенциала на протяжении 6 оборотов.



Фиг. 6.

пмуществовать, и ее установление потребует заряда от источника.

Этими примерами различных случаев емкости мы и ограничимся.

От переменного состояния тока нужно с самого начала отличать другое явление: переменный ток происходящий от изменения электродвижущей силы. Переменный ток обыкновенно понимают таким образом, чтобы можно было пользоваться законом Ома: Всякий переменный ток можно представить состоящим из множества постоянных токов различных между собою, следующих один за другим, мгновенно устанавливающихся и существующих лишь одно мгновение. От порядка их следования и зависит характер переменного тока.

Каждый из таких элементарных токов, будучи постоянным, подчиняется закону Ома.

Может показаться нелогичным после того, что сказано выше, пренебрегать периодом переменного состояния. Но не трудно понять, какие обстоятельства позволяют нам делать это во множестве случаев; при этом нам станет ясно, что могут представиться случаи, когда подобное понимание переменного тока должно привести к слишком неверным выводам.

Пока мы не встретим случая изменения тока скачками, ток всегда будет последовательно переходить через все промежуточные значения; т. е. хотя в каждый момент по своей величине он и отличается, вообще говоря, от величины в предыдущий момент, но всегда лишь чрезвычайно мало; отсюда понятно, что хотя и произойдет перезарядка проводника, так как оно необходимо для установления нового тока, — перезарядка это крайне незначительна, и следова-

тельно, на него потребуется лишь чрезвычайно короткий промежуток времени.

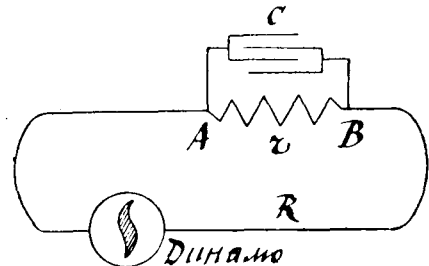
Итак, чем меньше перезарядка и чем скорее оно происходит, тем мы ближе к истине, а так как его величина зависит от емкости цепи и от того, насколько главным изменится величина тока, а скорость — от сопротивления цепи (напр. ее длины), то и выходит что, разбивая переменный ток на элементарные постоянные, мы предполагаем, что цепь не слишком большого сопротивления (напр. не слишком длинна), не слишком большой емкости, и что ток изменяется не очень быстро.

Съ другой стороны, если даже ток и не изменяется скачками, по все же изменения его слишком быстры, а емкость и сопротивление цепи велики, наше представление станет слишком далеким от истины.

Мы оставляем эти случаи, и потому, чтобы определить по формуле Ома для каждого момента силу тока, протекающего по всей цепи, нам нужно лишь знать электродвижущую силу, существующую в этот момент, и сопротивление цепи.

В определении электродвижущей силы для каждого момента и заключается наибольшая трудность. Здесь будет действовать не только электродвижущая сила динамомшины, работающей в цепи, но еще и электродвижущая сила, какую доставляет заряженный проводник; эту последнюю нужно уметь рассчитать.

Положим, что в ответвлении у части АВ цепи, имеется конденсатор с емкостью С. Мы для простоты рассматриваем отдельный конденсатор, но иногда ем-



Фиг. 7.

кость бывает распределена вдоль всей цепи равномерно (фиг. 3—6); однако и случай, взятый нами, нередко встречается, напр., в сетях электрического освещения. Если в цепи установился ток силой  $i$ , то между А и В установилась (по закону Ома) разность потенциалов  $ir$ , где  $r$  — сопротивление этого участка цепи. Следовательно конденсатор получил заряд  $Cir$ .

Если ток в цепи изменяется, напр. уменьшился на величину  $di$ , т. е. стал равным  $i - di$ , то конденсатор должен настолько разрядиться, чтобы разность потенциалов у его обложки была лишь  $(i - di)r$ ; он должен, следовательно отдать количество электричества  $Cr \cdot di$ , т. е. от него пойдет главным образом по цепи  $r$  ток  $i'$  (конденсаторный) пропорциональный  $Cr$  и изменению главного тока  $i$ . Чтобы в цепи  $r$  произвели такой ток, нужно, чтобы конденсатор представлял собою электродвижущую силу  $i'r$ , пропорциональную  $Cr^2$  и изменению тока  $i$ , т. е.:

$$Cr^2 di^*$$

Такова будет, следовательно, электродвижущая сила конденсатора между точками А и В; в цепи R она стремится произвести ток обратный току  $i$ . Обратимся к тому случаю, когда ток  $i$  увеличивается, тогда  $i'$ ,

\* Это рассуждение не совсем правильно. В действительности по  $r$  и R пойдут не одинаковые токи, как это здесь предполагается. Наш вывод тем ближе к истине, чем меньше  $r$ .

разность потенциалов у конденсатора, и  $Cv$  — его заряд — увеличиваются, и следовательно къ конденсатору направится токъ параллельный току вътви  $r$ ; въ этомъ случаѣ вътвь  $r$  какъ бы имѣетъ отвѣтвление, сопротивление участка между  $A$  и  $B$  уменьшилось, или, можно сказать, въ немъ дѣйствуетъ новая электродвижущая сила въ томъ же направленіи, что и электродвижущая сила динамы.

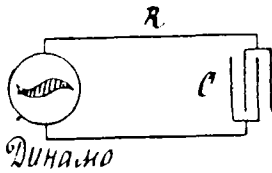
Мы можемъ не говорить о конденсаторѣ и представлять себѣ все дѣло такъ, какъ будто со стороны участка  $r$  дѣиствуетъ электродвижущая сила *обратная дѣйствительной электродвижущей силѣ, когда токъ падаетъ, и согласная съ ней, когда онъ увеличивается.* Этой фиктивной электродвижущей силы совсѣмъ не существуетъ, когда токъ постоянный (зарядъ конденсатора остается неизмѣнно равнымъ  $Cv$ ).

Такимъ образомъ, мы знаемъ, какъ выражается величина этой фиктивной электродвижущей силы, подѣйствовавшей въ тотъ моментъ, когда сила тока оказалась напр. уменьшеною на  $di$ . Какая дѣйствительная электродвижущая сила дѣйствовала въ этотъ моментъ, конечно, можно узнать по сопротивленію цѣпи и силѣ тока ( $i - di$ , или просто  $i$ , такъ какъ  $di$  въ сравненіи съ  $i$  очень мало).

Но это не будетъ электродвижущею силою динамашины; чтобы узнать эту послѣднюю, нужно отвѣтить на такой вопросъ: къ какой электродвижущей силѣ нужно придать фиктивную, чтобы получить ту величину, которая дѣйствительно производитъ токъ  $i - di$ . Отвѣтитъ на этотъ вопросъ можно *вычитая изъ этой дѣйствующей электродвижущей силы фиктивную.* Отсюда слѣдуетъ, что электродвижущая сила динамо (вообще источника) больше дѣйствующей электродвижущей силы, когда токъ падаетъ, такъ какъ къ ней нужно прибавить отрицательную электродвижущую силу ( $-cr^2 di$ ), чтобы получить дѣйствующую.

Это разсужденіе — основное для того приѣма изученіи переменныхъ токовъ, который сводитъ переменные токи къ токамъ установившимся.

Мы рассмотримъ дѣйствіе емкости для случая схемы фиг. 7, когда емкость представляетъ изъ себя отвѣтвленія сопротивленію  $r$ . Но часто можетъ представиться такой случай, въ которомъ цѣпь замыкается на конденсаторъ (фиг. 8), не имѣющій параллельнаго отвѣтвленія.



Фиг. 8.

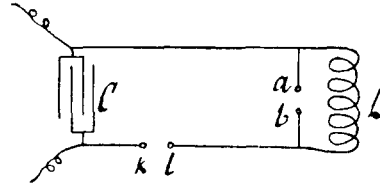
Если диэлектрикъ этого конденсатора не вполне изолируетъ (что обыкновенно и бываетъ), то мы можемъ представить себѣ токи утечки, какъ токи, протекающіе по отвѣтвленію, и тѣмъ возвращаемся къ предыдущей схемѣ, фиг. 7. Поэтому, разбирая новый случай, мы должны еще предположить, что диэлектрикъ конденсатора абсолютно изолируетъ; это обстоятельство не мѣшаетъ токамъ проходить по цѣпи  $R$ , такъ какъ въ ней дѣйствуетъ колеблющаяся электродвижущая сила, а следовательно конденсаторъ будетъ постоянно то заряжаться, то разряжаться. Мы не можемъ здѣсь примѣнить предыдущаго разсужденія, такъ какъ  $r = \infty$ .

Мы видѣли на фиг. 4, 5, и 6, что емкость, а следовательно и зарядъ на проводникѣ зависитъ отъ формы проводника, отъ расположенія окружающихъ его тѣлъ, было упомянуто, что она зависитъ отъ вещества изолятора. Но зарядъ на проводникѣ измѣняется еще и съ веществомъ проводника. Это обстоятельство однако никогда еще не принималось во вниманіе на практикѣ.

Въ заключеніе этой главы обратимъ вниманіе на одну существенную разницу между дѣйствіемъ емкости при неустановившемся и при переменномъ токахъ. При токахъ неустановившемся какъ „при телеграфированіи постоянными токами“, когда цѣпь замыкается на постоянную электродвижущую силу (каждый участокъ верхней ломаной линіи фигуры 2), токъ первое время проходитъ лишь въ началѣ линіи, у батарей; въ даль-

немъ концѣ ея тока сперва совсѣмъ нѣтъ, а затѣмъ онъ появляется мало-по-малу. Отсюда происходитъ не только замедленіе, но и искаженіе тока. При переменномъ токтѣ, какъ увидимъ ниже, искаженія можетъ и не быть; разница основывается на томъ, что при каждомъ началѣ періода тока, линія бываетъ уже заряженною концомъ предшествовавшаго періода. Поэтому въ настоящее время перѣдко пользуются переменными токами и при телеграфированіи.

Наоборотъ, бываютъ случаи, когда переменное состояніе особенно выгодно: а именно когда надо получить сильные разряды, для воспроизведенія явленій, происходящихъ при очень высокихъ напряженіяхъ. Расположенія приборовъ въ этихъ случаяхъ могутъ быть очень разнообразны; мы пояснимъ основную ихъ характеръ на слѣдующемъ примѣрѣ: конденсаторъ  $C$  (фиг. 9) заряжается электростатической машиной; при медленномъ дѣйствіи этой машины можно считать, что по цѣпи проходитъ весьма слабый токъ, и разность потенциаловъ  $a$  и  $b$  ничтожна. Когда напряжение между  $k$  и  $l$  достигнетъ нѣкотораго предѣла, здѣсь произойдетъ разрядъ. Продолжительность этого разряда столь кратковременна, что электричество потечетъ по проводнику чрезвычайно быстро, утекала сперва съ ближайшихъ мѣстъ, а потому нѣкоторое время между  $a$  и  $b$  съ громадною быстротою будетъ *рости напряженіе.* Между  $a$  и  $b$  произойдетъ тоже разрядъ (такъ называемый *динамическій*) и не потому, что напряженіе здѣсь будетъ достаточно велико, чтобы преодолѣть сопротивление воздуха, но потому, что диэлектрикъ не можетъ выдержать такого быстро возрастающаго напряженія.



Фиг. 9.

Въ этомъ примѣрѣ мы имѣемъ, конечно, неустановившійся токъ, происходящій не при заряденіи линіи, но наоборотъ, отъ разряженія ея. Явленіе динамическаго разряда перѣдко наблюдается въ плохихъ Румкорфовыхъ катушкахъ.

II.

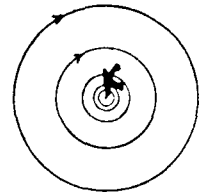
Въ предыдущей главѣ мы видѣли, какъ дѣйствія емкости цѣпи переменнаго тока разсматриваются въ видѣ фиктивной электродвижущей силы.

Теперь мы обратимся къ подобному же разсмотрѣнію другого качества проводника, тоже зависящаго отъ его формы, отъ окружающей среды, а также и отъ вещества самого проводящаго тѣла.

Возникновеніе тока сопровождается всегда особыми измѣненіями въ окружающей его средѣ: въ ней, какъ открылъ Эрстедъ, образуется магнитное поле, со всѣхъ сторонъ вокругъ тока; простирается оно обыкновенно безгранично, но дѣйствія его быстро ослабляются съ разстояніемъ и потому замѣтны лишь вблизи тока; эти дѣйствія заключаются въ томъ, что желѣзныя массы намагничиваются, магниты извѣстнымъ образомъ устанавливаются или измѣняютъ свое намагниченіе, однимъ словомъ, вокругъ тока появляются магнитныя силы, направленные по кругамъ съ центромъ на проводѣ тока.

Фиг. 10 представляетъ эти линіи вокругъ тока  $k$ ; большая или меньшая густота этихъ линій условно показываетъ большую или меньшую силу въ данномъ мѣстѣ.

Магнитное поле вокругъ тока тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше токъ, а потому если токъ возрастаетъ или падаетъ, то и поле усиливается или ослабѣваетъ.



Фиг. 10.

Фарадеемъ было открыто обратное явленіе: если въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится какой-нибудь проводникъ возникаетъ магнитное поле, или измѣняется свою величину, то въ этомъ проводникѣ появляется электродвижущая сила, а, если онъ замкнутъ, и токъ, пока происходитъ это измѣненіе, и тѣмъ болѣе сильный, чѣмъ быстрее это измѣненіе или возникновеніе поля.

Омовское представленіе основано на предположеніи зарядовъ на проводникѣ тока и потому понятіе о дѣйствіи его емкости при переменномъ токѣ приходитъ само, выводится дедуктивно. Электромагнитная же сторона явленія совершенно не вытекаетъ изъ этихъ старинныхъ воззрѣній, поэтому мы, слѣдуя имъ теперь, должны приложить электромагнитныя свойства проводника къ разсмотрѣнному выше путемъ чисто вѣбшнимъ въ видѣ открытыхъ нѣкогда фактовъ.

Новая теорія электричества неизмѣримо выше омовской въ этомъ отношеніи: она рассматриваетъ магнитное поле какъ необходимую часть самаго понятія „электрической токъ“.

Упомянутыхъ выше двухъ фактовъ Эрстеда и Фарадея вполнѣ достаточно для объясненій электромагнитныхъ свойствъ проводника. Дѣйствительно, положимъ, мы имѣемъ проводникъ даже самой простой формы — прямой линейный; если токъ, текущій по этому проводнику, напр., усиливается на величину  $di$ , то и магнитное поле вокругъ него должно усиливаться на величину пропорціональную  $di$ . Но въ проводникѣ, находящемся въ полѣ, которое усиливается, индуцируется электродвижущая сила, пропорціональная этому усилению, т. е.  $di$ , и стремящаяся ослабить поле, т. е. противная главной электродвижущей силѣ, производящей токъ. Если бы токъ въ проводникѣ ослаблялся, ослаблялось бы поле, и индуцировалась бы электродвижущая сила, стремящаяся усилить его, т. е. согласная съ той, которая его производитъ, съ дѣйствующей въ цѣпи.

И въ этомъ случаѣ мы воображаемъ нѣкоторую фиктивную электродвижущую силу (самоиндукціи), которая однако, въ противоположность разобранному случаю емкости, согласна съ дѣйствующей электродвижущей силой, когда эта послѣдняя уменьшается, и противоположна—когда она увеличивается.

Чтобы узнать электродвижущую силу альтернатора, работающаго въ данный моментъ въ цѣпи, нужно изъ дѣйствующей электродвижущей силы (находимой по формулѣ  $e = Ri$ ) вычесть электродвж. силы самоиндукціи, такъ какъ дѣйствительная электродвижущая сила = электродвижущей альтернатора + электродвижущая самоиндукціи.

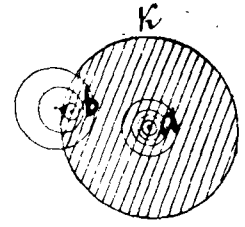
Электродвижущая сила самоиндукціи пропорціональна измѣненію силы тока за извѣстный промежутокъ времени, или лучше сказать, она пропорціональна скорости измѣненія силы тока. Коэффициентъ пропорціональности зависитъ отъ формы поля, образуемаго проводникомъ и называется коэффициентомъ самоиндукціи ( $L$ ). Для прямолинейнаго проводника онъ очень малъ, но все же можетъ быть опредѣленъ на опытѣ или вычисленъ по формулѣ:

$$L = 2l \left( \lg \frac{4l}{d} - 0,75 \right) \text{ сантим.},$$

гдѣ  $l$  — длина провода,  $d$  — его діаметръ. Прерауеръ\*) проверилъ эту формулу, измѣряя непосредственно  $L$  (по способу Рейлея), и вычисляя его по даннымъ  $l$  и  $d$ . Онъ нашелъ для мѣдной проволоки въ 5 мм. діаметромъ и 50 см. длиною  $L = 522,7$  см. изъ опыта и 524,1 см. по вычисленію.

Извѣстно, что магнитное поле легче (при болѣе слабыхъ токахъ) образуется въ желѣзѣ, кабаньѣ, никкелѣ, чѣмъ въ мѣди, воздухѣ и т. под. Магнитные металлы легче пронизываются магнитными линиями силъ. Поэтому, если мы рассматриваемъ токъ, текущій по желѣзному проводнику, мы должны принять во вниманіе, что различныя части этого тока, протекающія по различнымъ мѣстамъ сѣченія проводника, имѣютъ различ-

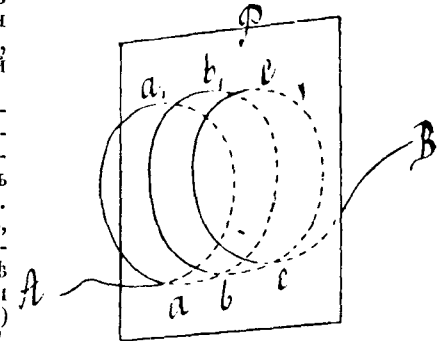
ные коэффициенты самоиндукціи. Вслѣдствіе этого приходится мысленно разбить токъ на отдѣльныя линіи токовъ (фиг. 11)  $a, b$  и т. д. Линія тока  $a$  образуетъ гораздо болѣе сильное поле, такъ какъ ближайшія силовыя линіи его будутъ образовываться въ желѣзѣ; коэффициентъ самоиндукціи будетъ великъ; линія тока  $b$  образуетъ поле гораздо болѣе слабое отчасти въ воздухѣ. Слѣдовательно, въ линейныхъ токахъ, различно отстоящихъ отъ оси проводника, будутъ дѣйствовать въ каждый моментъ различныя электродвижущія силы самоиндукціи, а слѣдовательно, проходить токи различной величины. Здѣсь уже нельзя примѣнять ко всему проводнику, какъ цѣлому, представленіе Ома о равномерной плотности тока.



Фиг. 11.

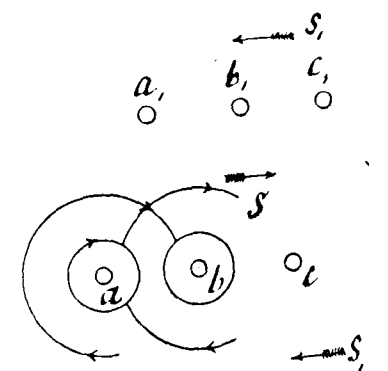
Мало того, если періодъ колебаній тока становится столь короткимъ, что самоиндукція получаетъ очень большое значеніе, въ средней части проволоки тока совсѣмъ не будетъ; онъ будетъ идти лишь по тонкому поверхностному слою. Вслѣдствіе этого можно сказать, что съ уменьшеніемъ періода сопротивление проводника увеличивается (сѣченіе уменьшается), а самоиндукція уменьшается (поверхностныя линіи тока имѣютъ сравнительно малый коэффициентъ самоиндукціи). Величину этихъ измѣненій можно видѣть изъ такого примѣра: Прерауеръ вычислилъ для своей проволоки отношеніе сопротивленій уменьшеннаго (при переменномъ токѣ) къ обыкновенному (при токѣ постоянномъ); оно оказалось равнымъ 1,00042 (при 256 колебаніяхъ въ мин.) и 1,042 (при 2.560 колебаніяхъ). Измѣненіе сопротивления особенно сказывается въ громоотводахъ, которые должны проводить такія быстрыя колебанія тока, какъ грозовой разрядъ.

Можно увеличить самоиндукцію проводника, согнувъ его въ спираль. Дѣйствительно, если мы представимъ себѣ разрывъ спирали  $AB$  (фиг. 12) плоскостью  $P$ , то легко можемъ увидѣть, что силовыя линіи, принадлежащая напр. обороту  $b$  (фиг. 13), заходятъ и на оборотъ  $a$ ; если обороты достаточно близки, то  $a$  находится также и въ полѣ отъ  $c$  и т. д. Въ сѣни поля, какъ одного направленія, складываются, и оборотъ  $a$  оказывается, такимъ образомъ, въ болѣе сильномъ полѣ, чѣмъ если бы онъ былъ отдѣльно; это поле и измѣняется значительно, такъ какъ сразу измѣняются поля отъ  $b, c$  и т. д., а слѣдовательно и электродвижущая сила



Фиг. 12.

бы онъ былъ отдѣльно; это поле и измѣняется значительно, такъ какъ сразу измѣняются поля отъ  $b, c$  и т. д., а слѣдовательно и электродвижущая сила



Фиг. 13.

\*) Wiedemanns Annalen, 289, 1895 г.

самондукції проволоки  $a$ , когда она принадлежит спирали, больше, чѣмъ если бы весь проводъ былъ растянутъ въ прямую линію.

Изъ этого разсужденія видно, что самондукція оборота напр.  $a$  увеличивается съ увеличеніемъ числа оборотовъ лишь до тѣхъ поръ, пока обороты не окажутся столь далекими, что ихъ поле уже не будетъ достигать въ сколько-нибудь значительной степени этого оборота  $a$ ; поэтому при расчетѣ самондукції спирали нужно знать не число оборотовъ, но ихъ густоту, т. е. число оборотовъ на единицу длины спирали. Замѣтимъ, что между оборотами, напр.  $k$  на фиг. 13, линіи силъ имѣютъ обратное направление. Если мы разсматриваемъ напр. лѣвый конецъ спирали, то въ  $k$  будетъ больше линіи силъ, направленныхъ вверхъ, отъ  $b, c \dots$ , чѣмъ внизъ (отъ одного  $a$ ); чѣмъ дальше будемъ мы отступать отъ конца спирали, тѣмъ ближе будетъ къ равенству эти поля разнаго направленія, а потому между оборотами въ средней части спирали силовыхъ линій не будетъ. Снаружи спирали поля такъ же складываются, какъ и внутри, но общее ихъ направленіе обратно тому, какое имѣется внутри ( $s_1$ ).

Легко понять дѣйствіе второго слоя спирали, намотаннаго на первый. Всѣ дальнѣйшіе слои до извѣстнаго предѣла будутъ увеличивать магнитное поле внутри спирали. Но не легко вывести формулу для самондукції даже для простѣйшаго вида катушки, приходится разсчитывать дѣйствіе каждого оборота на всѣ остальные. Обыкновенно примѣняютъ формулу:

$$L = 4\pi n^2 a \left\{ \lg_{\text{неп}} \frac{8a}{c} - k \right\},$$

гдѣ  $n$  есть число оборотовъ на единицу длины (см.),  $a$  — средний радиусъ оборотовъ (если они наложены въ нѣсколько слоев);  $c$  — такъ называемая геометрическая средняя взаимныхъ разстояній всевозможныхъ паръ точекъ, взятыхъ на плоскомъ сѣченіи катушки;  $k$  — нѣкоторая постоянная, около 2 (Рейлей въ приближительныхъ вычисленіяхъ беретъ  $k = 1,75$ ). Длина проволоки равна  $2\pi na$ , поэтому, если мы будемъ увеличивать  $n$ , то должны уменьшать во столько же разъ  $a$ , но при этомъ  $L$ , такъ какъ  $n$  входитъ во второй степени, все же увеличивается, но до нѣкотораго предѣла, такъ какъ  $c$  тоже увеличивается.

Можно доказать, напр., что, для полученія наибольшаго коэффициента самондукції въ катушкѣ съ круговымъ сѣченіемъ, нужно ее намотать такъ, чтобы средний радиусъ оборотовъ былъ въ 3,22 раза больше радиуса поперечнаго сѣченія.

Самондукцію данной спирали можно увеличить, если сдѣлать такъ, чтобы поле ее оборотовъ было въ вѣществѣ, легче пронизываемомъ силовыми линіями, напр. въ желѣзѣ; для этого нужно лишь внутрь спирали вложить такъ называемый сердечникъ, или окружить спираль желѣзнымъ цилиндромъ (для поля  $s_1$ , фиг. 13).

Наконецъ, при желѣзномъ сердечникѣ, самондукція можетъ быть увеличена еще и подборомъ тока. Извѣстно, что намагниченіе желѣза измѣняется съ увеличеніемъ намагничивающаго тока далеко не равномерно: при малыхъ токахъ, когда намагниченіе очень слабо, оно растетъ пропорціально току, но затѣмъ при средней степени намагниченія оно растетъ скорѣе тока (въ этомъ случаѣ намагниченіе пропорціально квадрату тока), и наконецъ, когда намагниченіе близко къ предѣлу, оно растетъ гораздо медленнѣе тока, практически даже совсемъ не мѣняется. Такимъ образомъ самая большая электродвижущая сила самондукції имѣетъ мѣсто при переменныхъ токахъ средней силы.

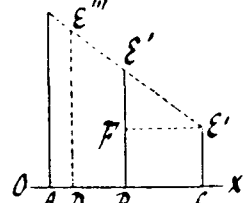
Мы видѣли, что даже прямойлинейная проволока имѣетъ самондукцію. Между тѣмъ иногда бываетъ необходимо имѣть безиндукціонное сопротивленіе; Флиннгъ предлагаетъ устроять его изъ мѣдныхъ стержней, самондукція которыхъ очень мала.

Въ послѣдующемъ мы встрѣтимся съ примѣненіемъ сопротивленія безъ индукції для измѣренія силы тока въ извѣстный моментъ; мы можемъ узнать ее, измѣривъ дѣйствующую электродвижущую силу въ этотъ моментъ, если имѣть фиктивной электродвижущей силы самондукції, т. е. если вольтметръ введенъ въ отвлѣченіе у проводника безъ самондукції, сопротивленіе котораго должно быть извѣстно. При этомъ самондукціею вольтметра (если она есть) пренебрегаютъ, такъ какъ сила тока чрезъ него очень мала.

### III.

Теперь мы имѣемъ всѣ данныя для приближеннаго разсмотрѣнія и вычисленія силы тока и энергии въ цѣпи, въ которой дѣйствуютъ переменныя электродвижущія силы.

Будемъ представлять электродвижущія силы длиною перпендикуляра, возстановленнаго къ нѣкоторой линіи, напр.  $OX$  (фиг. 14) въ какой-нибудь ее точкѣ  $A$ . Если намъ нужно представить, что чрезъ нѣкоторый промежутокъ времени, напр. 1 сек., электродвижущая сила уменьшилась до  $\frac{2}{3}$  первоначальной,



Фиг. 14.

то мы можемъ въ какой-нибудь другой точкѣ  $B$  возставить перпендикуляръ  $BE' = \frac{2}{3} AE$ . Мы взяли другую точку  $B$ , чтобы обозначить другой моментъ, и такимъ образомъ по линіи  $OX$  мы можемъ отсчитывать время. Если  $AB$  изображаетъ 1 сек., то напр.  $AC = 2$  сек., и по тому, что начерчено, мы можемъ сказать, что чрезъ двѣ секунды, считая отъ  $A$ , электродвижущая сила стала равною  $\frac{1}{3} AE$ . Проведа  $E''F \parallel BC$ , мы можемъ измѣ-

рить, что электродвижущая сила во вторую секунду уменьшилась на  $\frac{1}{2} BE' = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} AE = \frac{1}{3} AE$ .

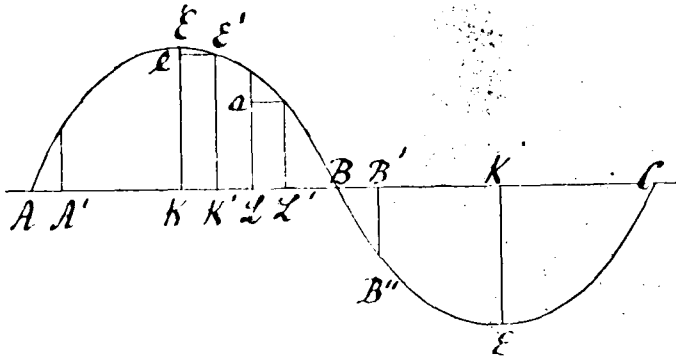
Мы можемъ узнать электродвижущую силу для каждаго промежуточнаго момента между  $A, B$  и  $C$ , если проведена чрезъ точки  $E, E'$  и  $E''$  силовая линія (въ данномъ случаѣ прямая); на этой линіи будутъ находиться вершины всѣхъ перпендикуляровъ. Если въ какой-либо точкѣ  $D$  возставимъ перпендикуляръ, то длина его  $DE''$  и дастъ величину электродвижущей силы въ моментъ  $D$ . Нашъ чертежъ предполагаетъ, что въ промежуткахъ  $AB$  и  $BC$  электродвижущая сила мѣнялась все время однообразно. Обыкновенно и вычерчиваютъ не самые перпендикуляры, но лишь линію, на которой находятся всѣ ихъ вершины, называемую кривой электродвижущей силы.

Величину тока въ цѣпи въ моментъ  $A$  опредѣляютъ (такъ какъ принято пользоваться закономъ Ома для установившихся токовъ) по формулѣ  $i = \frac{E}{R} = \frac{1}{R} \cdot E$ ,

т. е. токъ можетъ быть представленъ длиною того же перпендикуляра  $AE$ , уменьшеннаго въ  $R$  разъ. Если напр.  $R = 2$  омамъ, то для полученія кривой тока слѣдуетъ всѣ длины, представляющія электродвижущую силу, раздѣлить на 2. Но можно (что обыкновенно и дѣлаютъ) чертить одну и ту же кривую для электродвижущихъ силъ и токовъ, при этомъ только не нужно забывать, что если извѣстный отрѣзокъ представляетъ единицу электродвижущей силы, то онъ будетъ лишь  $\frac{1}{R}$  единицы тока. Масштабъ для электродвижущей силы будетъ въ  $R$  разъ меньше масштаба тока.

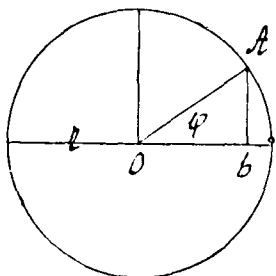
Обратимся къ панболѣе важному и интересному случаю, когда кривая электродвижущей силы имѣетъ видъ, представленный на фиг. 15. Такая кривая называется синусоидой или простой гармонической кривой. Какъ видно, она представляетъ періодически измѣняющуюся электродвижущую силу, такъ какъ, начиная съ момента  $C$ , электродвижущая сила вновь принимаетъ тѣ же значенія, что и въ промежуткѣ времени  $AC$ .  $AC$  называютъ періодомъ электродвижущихъ силъ. Въ промежуткѣ  $BC$  электродвижущая сила проходитъ чрезъ

тѣ же значенія, что и въ АВ, но имѣть обратное направление. Наибольшая величина электродвижущей силы,  $KE = KE'$ , и т. д. называется амплитудой электродви-



Фиг. 15.

жущей силы. Въ моменты А, В, С... въ цѣпи не дѣйствуетъ никакой электродвижущей силы.



Фиг. 16.

Синусоиды могутъ быть болѣе или менѣе плоскими или приподнятыми въ зависимости отъ періода и амплитуды, но всегда ихъ построение производится по такому закону: чтобы получить длину какого-нибудь перпендикуляра, напр.  $Lb$  слѣдуетъ начертить кругъ радиусомъ, равнымъ амплитудѣ ( $r$  на фиг. 16 равенъ  $KE$  фигуры 15) и, отклонивъ его радиусъ  $OA$  на уголъ  $\varphi = 2\pi \frac{t}{T}$

$$\frac{AL}{AC} = 2a \frac{t}{T} \text{ (гдѣ } AL = t,$$

$AC = \text{периоду } T$ ), отмѣтить проекцію его на  $a$ ; ея величина и равна  $Lb$  (фиг. 15). Изъ построения слѣдуетъ, что:

$$Lb = a \cdot \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

откуда и произошло названіе кривой. Такимъ образомъ для каждой точки  $L$  мы найдемъ соответственный перпендикуляръ  $Lb$ .

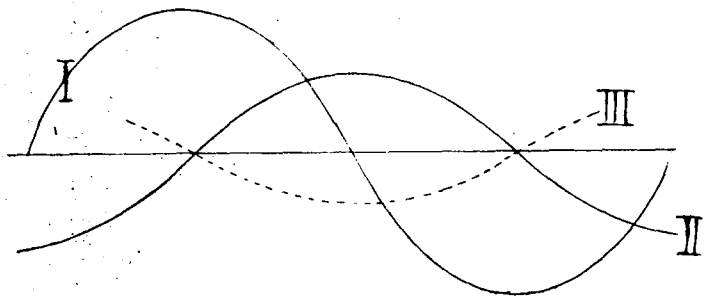
Величина  $\frac{2\pi t}{T}$  называется фазой электродвижущей силы. Какъ видно, фаза пропорціональна времени  $t$ , протекшему отъ котораго-нибудь начала періода (А или С и т. д.); ее выражаютъ иногда въ частяхъ періода, иногда же въ градусахъ соответственно способу построения синусоиды, такимъ образомъ:  $\frac{1}{4}$  періода =  $90^\circ$ ;  $\frac{1}{8}$  періода =  $45^\circ$ .

Изъ фиг. 15 видно, что за одинъ и тотъ же промежутокъ времени  $AA' = KK' = BB'$  электродвижущая сила измѣнится на большую величину около А, В... и весьма незначительно около своихъ наибольшихъ значеній. Строго говоря, она больше всего измѣняется въ А, В... а въ моменты Е, Е',... совсѣмъ не измѣняется. Въ промежуточные моменты измѣненія электродвижущей силы имѣютъ нѣкоторые среднія величины ( $eE < ab < B'B''$ ).

Если бы мы взяли промежутки  $AA' = LL' = KK'$  какъ можно меньше и числомъ на одну четверть періода побольше, то могли бы вычертить близкую къ истинѣ кривую *измѣненій* электродвижущей силы, отложивъ величины этихъ измѣненій по перпендикулярамъ къ нѣкоторой прямой, на которой бы откладывались мо-

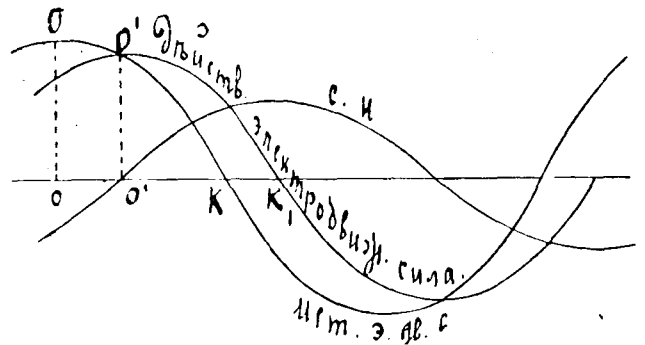
менты. Оказалось бы, что эта кривая *тоже синусоида* и съ тѣмъ же періодомъ, но лишь сдвинутая по времени впередъ на  $\frac{1}{4}$  періода, т. е. ея наименьшія ( $= 0$ ) и наибольшія значенія имѣютъ мѣсто на  $\frac{1}{4} T$  позже, чѣмъ у кривой электродвижущей силы.

Пусть кривая I (фиг. 17) изображаетъ дѣйствующую электродвижущую силу, кривая II — законъ ея измѣненій. Но та же самая кривая I можетъ изображать и переменный токъ, причемъ лишь единицы силы тока (амперы) будутъ выражаться ею въ другомъ масштабѣ, чѣмъ выражались единицы электродвижущей силы (вольты). Тогда кривая II выражаетъ законъ измѣненій тока; ея ординаты пропорціональны тѣмъ  $di$ , о которыхъ говорилось въ 1 и 2 главахъ, а слѣдовательно фиктивные электродвижущія силы емкости и самондукціи пропорціональны этимъ ординатамъ, причемъ лишь нужно помнить, что коэффициентомъ пропорціональности для емкости служитъ величина  $Cr^2$ , а для самондукціи L, и что электродвижущая сила емкости согласна съ дѣйствующей электродвижущей силой, когда эта послѣдняя увеличивается, а электродвижущая сила самондукціи — наоборотъ. Такимъ образомъ, кривая



Фиг. 17.

II можетъ изображать электродвижущую силу самондукціи, а кривая III — емкости.



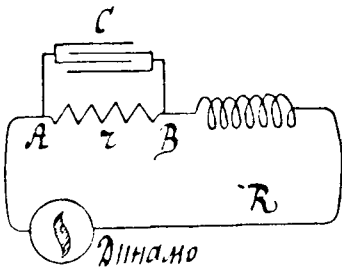
Фог. 18.

Согласно сказаннаго въ предыдущихъ главахъ мы можемъ найти истинную электродвижущую силу (динамомашина), если вычтемъ для каждого момента (или для возможно большаго числа моментовъ) изъ электродвижущей силы дѣйствующей фиктивной электродвижущія силы. Положимъ, что въ цѣпи существуетъ только самондукція (фиг. 18). Произведя вычитаніе, получимъ кривую *ист.*, изображающую электродвижущую силу динамо.

Въ ученіи о гармоническихъ движеніяхъ доказы-

вається, що скільки бы синусоидь ни складывалось или вычиталось, въ результатѣ получится опять же *синусоида*. Это можно выражать еще иначе: если электродвижущая сила динамо есть простая гармоничная, то ни самоиндукція, ни емкость не могутъ измѣнить вида этой кривой, и электродвижущая сила дѣйствительно будетъ тоже синусоида.

Мы видимъ на чертежѣ, что наибольшее значеніе  $O'$  дѣйствующей электродвижущей силы опоздало (находится правѣе) отъ наибольшаго значенія *ист.* электродвижущей силы, также какъ и наименьшее значеніе, на величину  $kk'$ . Кроме того, величина  $O'o$  меньше  $Oo$ . Таковы дѣйствія самоиндукціи. На чертежѣ легко видѣть, что если электродвижущія силы самоиндукціи увеличить (увеличить амплитуду кривой *си.*), то это запаздываніе будетъ еще значительнѣе и наибольшее значеніе *дств.* электродвижущей силы еще уменьшится. Если будемъ уменьшать періодъ колебанія тока, оставляя амплитуду тою же самою, или, оставляя  $T$ , увеличивать амплитуду тока, измѣненія его будутъ происходить быстрѣе, и всѣ дѣйствія самоиндукціи будутъ значительнѣе.



Фиг. 19.

Всѣ эти разсужденія вѣрны и относительно емкости, введенной въ отвлѣтленіи у нѣкоторой части ( $r$  фиг. 19), дѣйствія ея будутъ въ точности противоположны дѣйствіямъ самоиндукціи; такимъ образомъ является возможность парализовать дѣйствіе самоиндукціи емкости, если только сдѣлать ординаты кривыхъ II и III (фиг. 17) одинаковыми, т. е. коэффициенты пропорциональности этихъ ординатъ величинамъ  $di$  равными. Иными словами: для уничтоженія дѣйствія самоиндукціи въ цѣпи ( $R$ , схема фиг. 19) нужно, чтобы  $Cr^2 = L$ . Дѣйствія емкости и самоиндукціи будутъ взаимно уничтожаться, и дѣйствующая электродвижущая сила будетъ въ каждый моментъ равна истинной, а сила

тока всегда равна  $\frac{e_{ист}}{R}$ . Этимъ часто пользуются для увеличенія силы тока въ цѣпи, которая по необходимости обладаетъ большою самоиндукціею вслѣдствіе напр. включенія электромагнитныхъ приборовъ, какъ и наоборотъ включаютъ самоиндукціи въ цѣпи съ большою емкостью (напр. кабеля).

Согласно установившимся представленіямъ, вся энергія тока выражается въ каждый моментъ тѣмъ количествомъ тепла, которое выдѣляется въ цѣпи за этотъ моментъ, т. е. эта энергія за весьма малый элементъ времени (пока  $i$  и  $e$  можно считать постоянными)

равна  $i^2R \times$  элементъ времени; но  $i^2R = ei$ , гдѣ  $i = \frac{e}{R}$  т. е.  $e$  есть дѣйствующая электродвижущая сила, и съ другой стороны,  $e_{дств} = e_{ист} + e_{си}$ , а слѣдовательно:  $i^2R$  (ваттовъ) =  $e_{ист} i + e_{си} i$ .

Обыкновенно и говорятъ, что для опредѣленія энергій, сообщаемой какимъ нибудь изъ генераторовъ источниковъ въ цѣпи, нужно электродвижущую силу его помножить на токъ, проходящій по цѣпи; такъ мы и сдѣлали съ электродвижущей силой динамомашинъ и электродвижущей силой фиктивного источника — самоиндукціи. При вычисленіи энергій нужно произведеніе  $ei$  брать съ минусомъ, если  $e$  и  $i$  для даннаго момента направлены въ разныя стороны отъ горизонтальной оси; это обозначаетъ, что цѣпь работаетъ на генераторъ; вслѣдствіе этого  $e_{си}i$  для первой четверти (фиг. 18,  $i$  изображается кривою  $e_{дств}$ ) будетъ равно и противу-

положно  $e_{си}i$  для второй, и полная энергія  $e_{си}i = 0$ ; тоже будетъ и во второй половинѣ періода. Такимъ образомъ ватты:

$$i^2R \text{ за полный періодъ} = e_{ист}i \text{ за полный періодъ.}$$

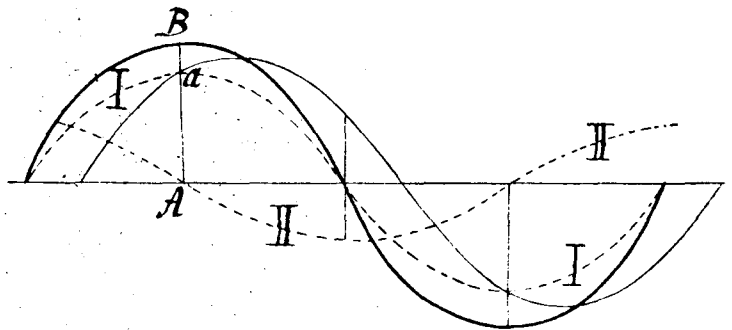
Изъ фиг. 18 ясно, что если бы кривая  $i$  не отставала отъ кривой электродвижущихъ силъ, то не было бы отрицательныхъ произведеній  $ei$ , и что тѣмъ больше ( $i$ ) сдвинута относительно ( $e$ ), тѣмъ больше отрицательной энергій и тѣмъ меньше общая энергія тока за полный періодъ. Потому то самоиндукція и не сообщаетъ энергій, что кривая электродвижущей силы самоиндукціи сдвинута относительно ( $i$ ) на  $\frac{1}{4}$  періода.

Въ настоящее время входитъ въ обыкновеніе различать токъ, протекающій по цѣпи, на два составляющихъ: токъ (ваттовый) работающій и токъ безъ ваттовъ (лѣтвий, неработающій). Мы получимъ эти составляющія, если разложимъ синусоиду тока *дств.* электродвижущей силы, (фиг. 18) на двѣ слагаемыхъ: одна, совпадающая по фазѣ съ кривою истинныхъ электродвижущихъ силъ, другая, отстающая отъ нея на  $\frac{1}{4}$  періода. Первый токъ ( $I$  на фиг. 20) все время работаетъ въ цѣпи, такъ какъ даетъ всѣ произведенія  $ei$  положительными; вторая составляющая тока, все время не работаетъ, такъ какъ отстаетъ отъ электродвижущей силы на  $\frac{1}{4}$  періода. Этотъ-то неработающій токъ и называется безваттовымъ.

Можно доказать, что для случая синусоидь упомянутые выше ватты за полный періодъ равны:

$$W = \frac{T}{2} E \cdot J \cos \varphi,$$

гдѣ  $E$  и  $J$  означаютъ наибольшія значенія истинной электродвижущей силы и тока, а  $\varphi$  есть запаздываніе  $kk'$  (фиг. 18), выраженное въ градусахъ. Но обыкновенно этому выраженію придаютъ иной видъ, замѣняя  $E$  и  $J$  величинами въ  $\sqrt{2}$  разъ меньшими, такъ назы-



Фиг. 20.

ваемыми эффективными. Эти величины имѣютъ большое значеніе на практикѣ и въ то же время именно онѣ и измѣряются непосредственно. Дѣйствительно, если переменный токъ питаетъ лампу накалыванія, то въ каждый моментъ, свѣтъ, испускаемый этою послѣднею, пропорционаленъ  $i^2R$ . Средняя же яркость равняется свѣту, испускаемому за полный періодъ, дѣленному на  $T$ . Можно себѣ представить постоянный токъ, заставляющій лампу испускать свѣтъ этой средней яркости; квадратъ такого тока:

$$i_{эфф}^2 = \frac{1}{T} \text{сумма всѣхъ } i^2.$$

Этотъ  $i_{эфф}$  и есть эффективный токъ.

Всѣ современные приборы для измѣренія переменныхъ токовъ даютъ именно  $i_{эфф}$  и  $e_{эфф}$ . Возьмемъ напр. какой нибудь приборъ, основанный на принципѣ электродинаметра. Въ каждый моментъ сила, отклоняющая его подвижную катушку, пропорциональна  $i^2$ . Ка-



тушка должна обладать столь большою инерцією, чтобы не колебаться отъ колебаній тока; она должна показывать нѣкоторое постоянное отклоненіе какъ бы отъ постоянного тока, квадратъ котораго равенъ средней изъ всѣхъ мгновенныхъ  $i^2$ . То есть отклоняющій токъ какъ разъ и есть эффективный. То же самое съ вольтметромъ.

Относительно синусоидальныхъ кривыхъ существуетъ замѣчательное равенство:  $e_{эфф} = \frac{1}{\sqrt{2}} E$  и  $i_{эфф} = \frac{1}{\sqrt{2}} J$ .

Эти выраженія позволяютъ изъ наблюденныхъ эффективныхъ величинъ получить наибольшія значенія, а слѣдовательно (фиг. 16) и построить самыя кривыя.

Теперь мы можемъ переписать иначе наше выраженіе для  $W$ .

$$W = T e_{эфф} \cdot i_{эфф} \cdot \cos \varphi.$$

или ватты въ секунду (мощность въ дѣни) равны:

$$P = e_{эфф} \cdot i_{эфф} \cdot \cos \varphi.$$

Ваттметръ позволяетъ непосредственно измѣрить  $P$ , а слѣдовательно, зная уже эффективные токъ и электродвижущую силу, мы можемъ узнать и  $\varphi$ , по его  $\cos$ 'нису:

$$\cos \varphi = \frac{P}{e_{эфф} \cdot i_{эфф}}.$$

Въ заключеніе этой главы обратимъ вниманіе на замѣчательный выводъ относительно той схемы дѣни, которая изображена на фиг. 8. Здѣсь также можетъ быть такое соотношеніе между  $L$  и  $C$ , чтобы емкости и самоиндукція взаимно уничтожились, и сила тока въ каждый моментъ опредѣлялась бы однимъ Омовскимъ сопротивленіемъ, т. е. имѣла бы наибольшую возможную величину. Необходимое для этого соотношеніе таково:

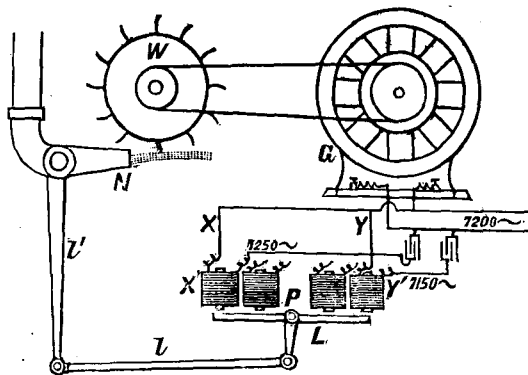
$$T = \pi \sqrt{CL}.$$

Изъ этого выраженія видно, что разбираемый случай имѣетъ существенное отличіе: въ случаѣ фиг. 19 періодъ не имѣетъ никакого значенія; зато тамъ должно быть извѣстное соотношеніе между  $C$  и  $L$ , здѣсь же, наоборотъ, возможны всякія значенія для емкости и самоиндукціи, лишь долженъ быть подобранъ подходящій періодъ колебаній тока. Дѣни является какъ бы настроенною на этотъ періодъ, и это выраженіе тѣмъ углубляетъ, что она также *отвѣчаетъ* (резонируетъ) колебаніямъ съ періодомъ  $T$ , какъ камертонъ отвѣчаетъ своему тону, т. е. не только проводитъ наибольшій токъ при этомъ тонѣ, но и производитъ токъ этого періода, если только ее привести въ дѣйствіе (въ электрическое колебаніе).

Не разъ уже предлагали воспользоваться этими качествами электрическаго резонанса. Такъ Гютэнъ и Лепланъ предлагали способъ многократнаго телеграфирования, основанный на слабости токовъ, на которые не настроена данная дѣни: пусть четыре станціи  $A, B, C, D$  включены въ одну и ту же линію, и пусть ихъ приборы (Морзе или какіе нибудь другіе) настроены соответственно на 10000, 20000, 30000 и 40000 колебаній тока въ минуту; кромѣ того, пусть на каждой изъ станцій имѣются селекторы, позволяющіе посылать, работая ключемъ, токъ той или другой періодичности, такъ напр. на станціи  $A$ —токъ въ 20000, 30000 и 40000 періодовъ и т. д. Тогда стоитъ лишь съ этой станціи пустить токъ напр. послѣдней періодичности, чтобы имѣть сообщеніе лишь со станціею  $D$  и т. д.

Совсѣмъ недавно Миллеръ предлагалъ регуляторъ для водяного колеса, электромотора, паровой машины и т. д., основанный на явленіи резонанса. Фиг. 21 изображаетъ схематически регуляторъ Пельтоновскаго колеса  $W$ , приводимаго въ движеніе альтернаторомъ  $G$ . Пусть требуется число переменъ тока около 7200 въ минуту. Въ отвѣтвленіяхъ къ главной линіи включены дѣни  $x, y$ , настроенныя соответственно на 7250 и 7150 переменъ, причемъ электромагниты  $x' y'$  дѣйствуютъ другъ противъ друга на рычагъ, вращающійся вокругъ  $P$ , какъ оси, и регулирующій притокъ воды посредствомъ передвиженія крана.

Пьюнишъ предлагаетъ устроить трансформацию напряженія помощью резонанса: если вторичную дѣни трансформатора настроить на извѣстный періодъ, то,

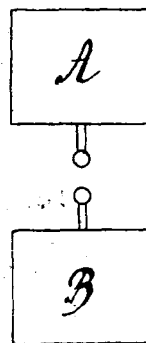


Фиг. 21.

измѣняя скорость вращенія якоря альтернатора въ первичной дѣни, мы получимъ во вторичной—разныя напряженія съ наибольшимъ при періодѣ резонанса.

Извѣстно, напр., что можно раскатать весьма тяжелый предметъ, если подкачивать въ тактъ къ его начинающимся колебаніямъ. Точно также можно достигнуть сильныхъ электрическихъ колебаній въ дѣни, настроенной на извѣстномъ періодѣ, если прилагать къ ней переменную электродвижущую силу ея періода (напр. въ видѣ переменнаго магнитнаго поля). Это представляетъ собою весьма заманчивый путь для разрѣшенія вопроса о сигнализаци на большія разстоянія безъ помощи какихъ бы то ни было проводовъ: въ какомъ либо мѣстѣ производить переменное магнитное поле, въ другомъ мѣстѣ, хотя бы и очень отдаленномъ, это поле, хотя и очень ослабленное, можетъ вызвать въ резонирующей дѣни электрическія явленія.

Резонаторъ увеличиваетъ свои колебанія подѣ дѣйствіемъ возбудителя одного съ нимъ періода потому, что онъ продолжаетъ эти колебанія и новыя дѣйствія возбудителя складываются съ прежними; поэтому мы должны сказать, что энергія возбудителя, поступающая къ резонатору, лишь одною частью *идетъ на нагреваніе* его дѣни по законамъ Ома и Джауля, другою же частью она идетъ на возбужденіе въ немъ колебаній. Представленія Ома тутъ слишкомъ мало говорятъ, чтобы намъ можно войти въ большія подробности, упомянемъ лишь, что разъ начаты колебанія резонатора продолжаютъ тѣмъ долѣе, чѣмъ менѣе онъ излучаетъ ихъ; такъ напр. Лейденская банка представляетъ собою резонаторъ съ малымъ затуханіемъ по устройству своего конденсатора, вибраторъ же Герца (фиг. 22) съ конденсаторомъ въ видѣ двухъ металлическихъ листовъ, въ одной плоскости открытыххъ со всѣхъ сторонъ, излучаетъ весьма сильно и потухаетъ быстро. Тоже, вѣроятно, должно сказать и о такомъ вибраторѣ, какъ Гейслерова трубка.



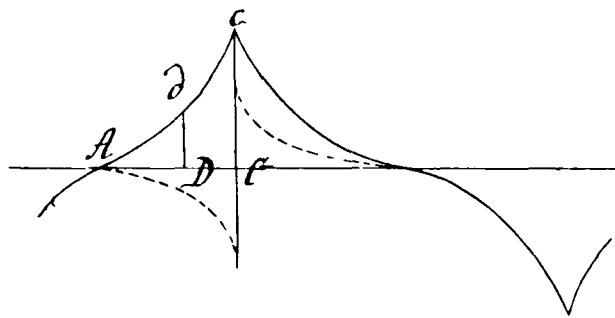
Фиг. 22.

IV.

Въ предыдущей главѣ мы показали, какъ пользуются свойствами синусоидъ. Теперь мы переходимъ къ электродвижущимъ силамъ и токамъ несинусоидальнаго характера.

Пусть дѣйствующая электродвижущая сила измѣняется по закону, изображаемому кривою фиг. 23, сила тока и въ этомъ случаѣ, по закону Ома, опредѣляется для каждого момента  $D$  длиною перпендикуляра  $Dd$  раздѣленнаго на  $K$ . Фиктивная электродвижущая сила

самоиндукции имѣеть наибольшее значеніе въ моментъ С и наименьшее—въ началѣ и середнѣ періода (А и В). Кривая электродв. силы самоиндукции означена на чертежѣ пунктирною кривою. Подобный же характеръ имѣеть и э. д. сила емкости, если таковая имѣется въ цѣпи. По изложеннымъ въ гл. III правиламъ можно

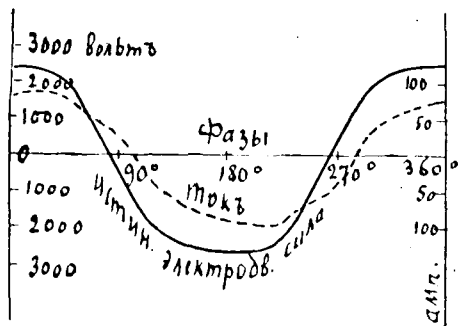


Фиг. 23.

было бы построить и кривую электродвижущей генератора. Такимъ же способомъ можно было бы изслѣдовать и кривую какого угодно вида.

Если токъ, производимый какою либо не синусоидальною кривою, пропустить чрезъ амметръ для переменнаго тока, напр. динамометръ, то показаніе амметра дастъ и въ этомъ случаѣ величину пѣкотораго постоянного тока  $i_{эфф.}$ , дѣйствіе котораго за періодъ будетъ равно дѣйствию всѣхъ мгновенныхъ токовъ за этотъ періодъ; но этотъ эффективный токъ не будетъ находиться въ такомъ простомъ отношеніи къ наибольшему, какъ это было въ случаѣ синусоиды. Тоже должно сказать и объ  $e_{эфф.}$  Соотношеніе между величинами эффективною и наибольшею не всегда можетъ быть найдено даже съ помощью высшей математики.

Если мы измѣримъ  $i_{эфф.}$  и  $e_{эфф.}$ , а затѣмъ измѣримъ ватты въ секунду, приносимые такимъ переменнымъ токомъ, то частное  $K = \frac{W}{i_{эфф.} \times e_{эфф.}}$  не дастъ намъ  $\cos$  разности фазъ, такъ какъ  $W \neq e_{эфф.} \cdot i_{эфф.} \cdot \cos \varphi$ , да и само  $\varphi$  не имѣеть опредѣленнаго значенія. Это можно видѣть изъ фиг. 24, которая изображаетъ кривыя



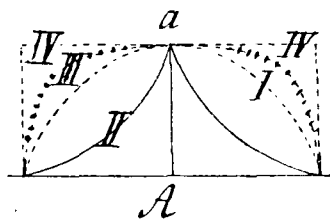
Фиг. 24.

электродвижущей силы генератора Морди, замкнутого на трансформаторъ, слегка нагруженный (по Флимингу). Наибольшія величины тока и электродвижущія силы почти одновременны, наименьшія же—имѣють большую разность фазъ. Однако  $k$  можетъ служить мѣриломъ отдачи тока, если считать  $e_{эфф.}$  и  $i_{эфф.}$  наибольшею энергіею, какую можно получить отъ этого тока.

Изъ простаго взгляда на сопоставленные кривыя (фиг. 25) различныхъ типовъ, видно что при одинаковой амплитудѣ и одномъ и томъ же періодѣ эффективная величина (напр. тока) для заостренной кривой II меньше, чѣмъ для синусоиды (I), которая, въ свою очередь, усту-

паеть въ этомъ отношеніи болѣе плоской кривой III. Наибольшая эффективная величина будетъ у кривой IV, такъ какъ она равна въ этомъ случаѣ амплитудѣ  $Aa$ .

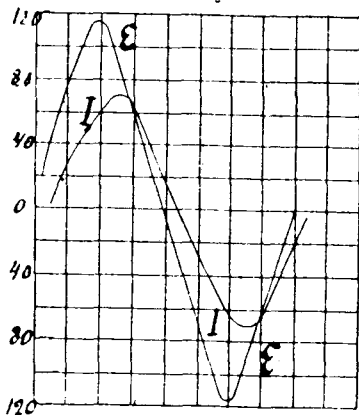
Въ виду возможности построить несинусоидальныя кривыя по данной эффективной величинѣ, приходится прибѣгать къ приемамъ нанесенія ихъ „по точкамъ“. Если желаютъ напримѣръ, нанести кривую истинныхъ электродвижущихъ силъ, какой либо цѣпи, то между концами цѣпи въ отвѣтвленіи вводятъ баллистическій вольтметръ, снабженный такимъ коммутаторомъ, который бы включалъ приборъ лишь въ моменты одной какой нибудь фазы каждаго періода. Вслѣдствіе быстроты слѣдованія періодовъ одного за другимъ вольтметръ покажетъ своимъ постояннымъ отклоненіемъ электродвижущую силу, соответствующую изслѣдуемой фазѣ. Затѣмъ переводятъ коммутаторъ на другую фазу и такимъ образомъ, опредѣливъ электродвижущія силы за весь періодъ, наносятъ кривую подобно фиг. 14. Этотъ приемъ былъ введенъ Жуберомъ въ 1881 г. и съ тѣхъ поръ применяется почти всѣми изслѣдователями. Другой способъ (Жане), электролитическій, хотя и не требуетъ коммутатора, но оказался на практикѣ неудобнымъ.



Фиг. 25.

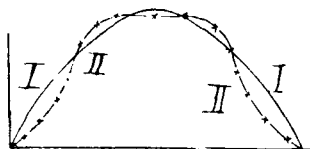
Для нанесенія кривой тока (или дѣйствующей электродвижущей силы) включаютъ баллистическій вольтметръ, снабженный тоже фазнымъ коммутаторомъ, въ отвѣтвленіе къ участку цѣпи съ известнымъ сопротивленіемъ R безъ самоиндукции. Полученная величина для  $e = R i$ , откуда  $i = \frac{e}{R}$ .

Такимъ образомъ Blondel начертить кривыя (фиг. 26) электродвижущей силы (E) и тока (i) для альтернатора Лабур. Какъ видно изъ чертежа, кривыя оказались весьма правильными. Это объясняется тѣмъ, что у полюсныхъ наконечниковъ Лабуровскаго альтернатора имѣются большіе выступы, въ которые загибаются магнитныя силовыя линіи и тѣмъ въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ онѣ ближе подходятъ къ краю, вслѣдствіе этого катушки якоря весьма плавно переходятъ изъ поля одного направленія въ поле — другого.



Фиг. 26.

На фиг. 27 II представляетъ кривую электродвижущей силы многофазнаго альтернатора Эрликова (1000 вольт). Кривая I—синусоида, нанесенная для сравненія,

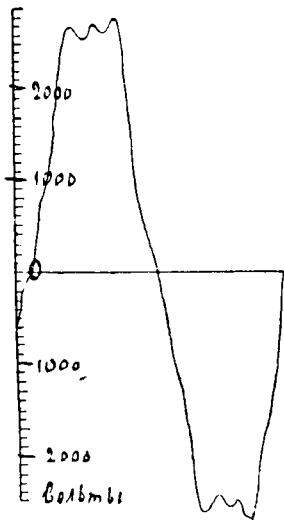


Фиг. 27.

Ресслеръ нанесъ кривую э. д. силы альтернатора Сименса, употребляемаго для озонирования. Видъ этой необыкновенно плоской кривой объясняется, можетъ быть, особенною близостью полюсовъ, вслѣдствіе которой магнитное поле въ катушкахъ якоря быстро обра-

шается. Впрочем, съ одной стороны конструкция этой машины составляет еще тайну фирмы, съ другой же стороны, въ кривой всякаго альтернатора много еще таинственнаго, такъ какъ процессъ образования ея очень сложенъ, а изученъ еще очень мало.

Фиг. 28 изображаетъ кривую электродвиж. силы альтернатора Сименса (3000 вольтъ).



Фиг. 28.

Высшая математика доказываетъ, что периодическую кривую вообще можно себѣ представить сложенною изъ безчисленнаго множества синусоидъ нечетныхъ кратныхъ периодовъ съ уменьшающимися амплитудами, получаемыми по нѣкоторому закону, и съ разными фазами. Изобрѣтено даже нѣсколько приборовъ („гармонические анализаторы“ \*), позволяющихъ по данной кривой механически найти эти амплитуды. Но ихъ можно подобрать и последовательными приближениями.

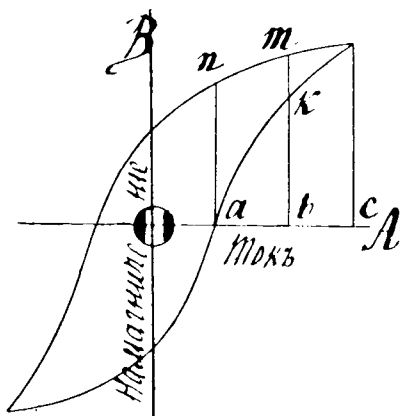
Такъ напр. кривая фиг. 28, если назвать длину перпендикуляра, возставленнаго въ какой либо точкѣ оси время, чрезъ  $y$ , довольно точно

выражается такимъ образомъ:

$$y = \sin \frac{2\pi t}{T} + 0,087 \sin \left( \frac{10\pi t}{T} + \pi \right) + 0,052 \sin \left( \frac{22\pi t}{T} + \pi \right)$$

Такое разложение можетъ представить большія выгоды на практикѣ, такъ какъ сводить вопросъ къ синусоидамъ, свойства которыхъ столь хорошо извѣстны, и разборъ которыхъ столь упрощенъ.

Кривыя, снятыя съ различныхъ альтернаторовъ, показываютъ, что лишь рѣдко, да и то лишь съ приближеніемъ, можно считать (истинную) электродвижущую силу альтернатора синусоидальною. Но оказывается, что во многихъ случаяхъ, если даже электродвижущая сила альтернатора строго синусоидальна, включеніе въ ея цѣпь различныхъ приборовъ искажаетъ ея характеръ и часто въ весьма значительной степени. За то бываютъ и такія качества цѣпи, которыя дѣлаютъ токъ отъ генератора съ неправильной электродвижущей силой близкимъ къ синусоидальному.

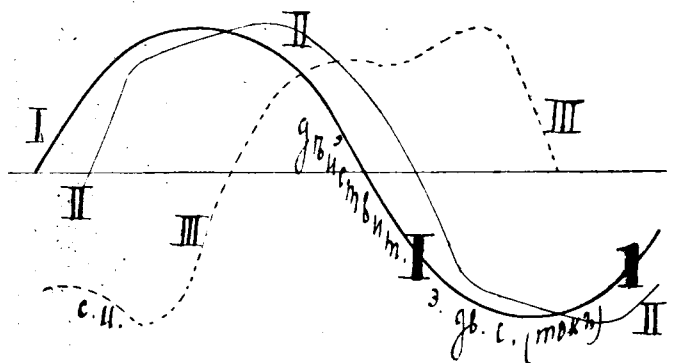


Фиг. 29.

1. Наиболѣе общимъ случаемъ измѣненія характера цѣпи является дѣйствіе гистерезиса, къ которому мы прежде всего и обратимся, начавъ съ того примѣра (довольно рѣдкаго, но удобнаго для выясненія теоріи), когда синусоидальный токъ протекаетъ по обмоткѣ электромагнита съ сердечникомъ.

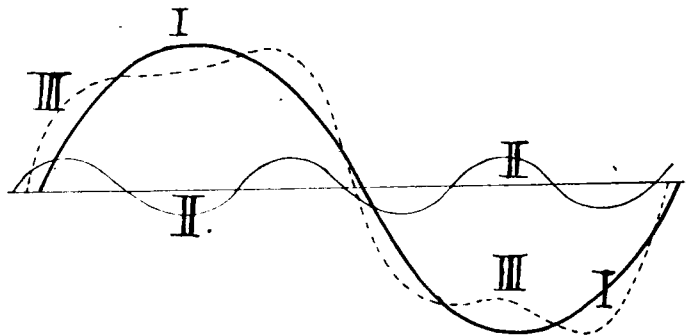
Если мы будемъ откладывать намагниченія сердечника за разные моменты подобно тому, какъ откладывали токъ и электродвижущія силы, то мы не получимъ синусоиды даже въ случаѣ нашего синусоидальнаго тока. Синусоида получилась бы, если бы намагниченіе было пропорціонально току, но это-то именно и невѣрно. Кривая фиг. 29 показываетъ, какъ измѣняется намагниченіе съ измѣненіемъ тока, обтекающаго по обмоткѣ (токи откладываемъ по ОА, положительное намагниченіе— по ОВ). На фиг. видно, что пока токъ не достигнетъ нѣкоторой величины  $oa$ , намагниченіе еще отрицательно, слѣдовательно, намагничиваніе запаздываетъ относительно намагничивающаго тока. Затѣмъ намагниченіе растетъ, сначала быстро, потомъ медленно. Когда токъ уменьшается съ величины  $oc$  чрезъ  $ob$ ,  $oa$  и т. д., намагниченіе ослабѣваетъ сначала медленно, затѣмъ быстро.

Вслѣдствіе этого синусоидальный токъ или синусоидальная дѣйств. электродвижущей силы производитъ намагничиваніе такимъ, какое изображено на фиг. 30 кривою II.



Фиг. 30.

Вспомнивъ, что электродвижущая сила самоиндукціи въ каждый моментъ пропорціональна измѣненію поля, т. е. намагниченія, мы построимъ кривую электродвижущей самоиндукціи. Изъ кривыхъ дѣйств. электродвижущей силы и электродвижущей силы самоиндукціи мы могли бы получить и кривую истинной электродвижущей силы генератора.



Фиг. 31.

Попятно, что она не можетъ быть синусоидою. Мы сейчасъ покажемъ, какой она будетъ имѣть характеръ. Фиг. 31 показываетъ, что если къ синусоидѣ I придать синусоиду II, съ периодомъ въ три раза меньшимъ („третью

\*) См. папр. *Philosophical Magazine* 1884 г. XXXVIII стр. 110.

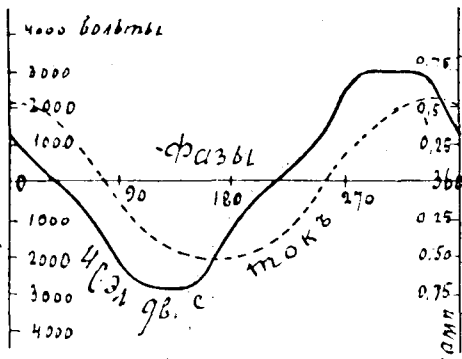
гармоническую), и съ какою либо амплитудою и фазою, то мы получимъ въ суммѣ кривую III одного периода съ I и того же характера, какъ и кривая электродвижущей силы самоиндукціи на фиг. 30. Такой же характеръ носитъ и разность между кривыми I и II.

Этимъ мы узнаемъ, на какія гармоническія кривыя разлагается кривая самоиндукціи фиг. 30, и можемъ теперь предвидѣть результатъ вычитанія.

Дѣйств. электродвижущая сила — электродвижущая сила самоиндукціи = истинной электродвижущей силѣ.

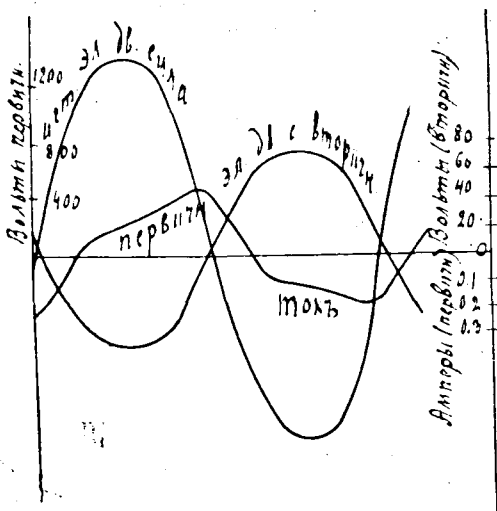
Вычтя изъ I (фиг. 30) основную синусоиду кривой III, мы получимъ, по предыдущему, синусоиду. Вычтя изъ этой послѣдней 3-ю гармоническую, мы получимъ, согласно только что сказаннаго, кривую того же характера, что и кривая электродвижущей силы самоиндукціи.

Такова, значитъ, должна быть электродвижущая сила генератора для получения синусоидальнаго тока при существованіи гистерезиса въ цѣпи. Мы находимъ у Флиминга такой примѣръ на этотъ случай; фиг. 32 изображаетъ кривую истинной электродвижущей силы и тока альтернатора Томсона-Гоустона, замкнутаго на трансформаторъ (безъ нагрузки) системы Брѣша.



Фиг. 32.

Обращаемся къ другому случаю. Пусть синусоидальная электродвижущая сила (истинная) дѣйствуетъ въ цѣпи съ гистерезисомъ. Дѣйствующая электродвижущая сила (а слѣдовательно и токъ) не можетъ быть въ этомъ

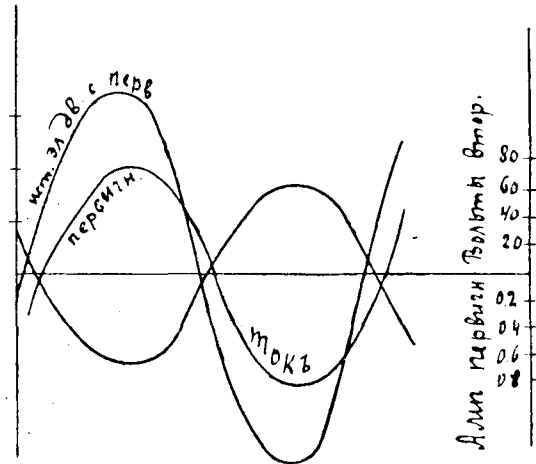


Фиг. 33.

жующей силѣ + электродв. с. самоиндукціи и что гистерезисъ вводитъ (приблизительно) 3-ю гармоническую, мы можемъ напередъ сказать, что и электродвижущая дѣйствующая въ настоящемъ нашемъ случаѣ должна имѣть 3-ю гармоническую, которая бы въ суммѣ съ этою вышею гармоническою самоиндукціи дала бы нуль. Тогда двѣ синусоиды (основныя гармоническія дѣйств. и самоинд.) дадутъ синусоиду истинной электродвижущей силы. Фиг. 33 изображаетъ истинную электродвижущую силу и токъ трансформатора Вестингауза (безъ нагрузки), введеннаго въ цѣпь альтернатора. На фиг. изображена еще электродвижущая сила вторичной (разомкнутой) цѣпи трансформатора. Кривая тока имѣетъ дѣйствительно характеръ кривой III на фиг. 31.

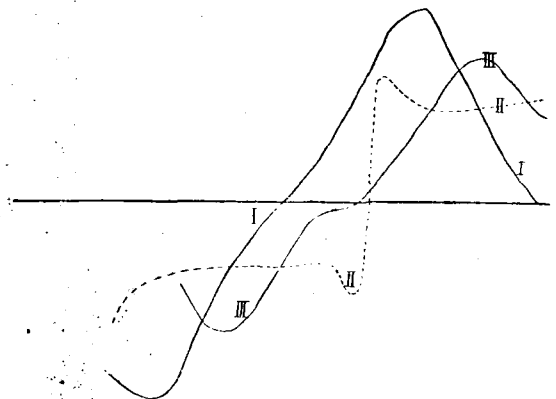
Наконецъ, читатель самъ можетъ начертить кривыя, относящіяся къ тому случаю, когда кривая намагниченія, а слѣдовательно и самоиндукціи синусоидальны; здѣсь электродвижущія силы дѣйствующая и истинная должны имѣть 3-ю гармоническія.

Само собою понятно, что измѣненіе кривой электродвижущей силы дѣйствіемъ гистерезиса тѣмъ меньше, чѣмъ слабѣе намагничиваніе. Фиг. 34 изображаетъ по-



Фиг. 34.

учительный примѣръ этому явленію: на ней изображена истинная электродвижущая сила и токъ тѣхъ же приборовъ, что и на фиг. 33, съ тѣмъ лишь измѣненіемъ, что во вторичную цѣпь трансформатора введено 10 лампъ накалыванія, и слѣдовательно, наибольшее намагниченіе его сердечника значительно понижено.

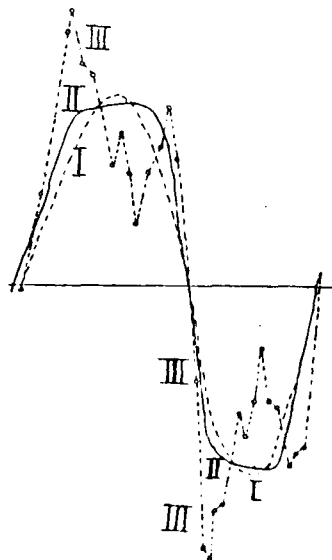


Фиг. 35.

случаѣ синусоидальною, такъ какъ тогда истинная должна была бы быть сложной гармоническою. Зная, что истинная электродвижущая сила = дѣйств. электродви-

2. Замѣчательно дѣйствіе сопротивленія, включеннаго послѣдовательно съ дуговой лампой, на кривую тока. Фиг. 35 изображаетъ кривую электродвижущей силы (I)

альтернатора Вильде съ разомкнутою цѣпью, дѣйствующую электродвижущую силу при томъ же альтернаторѣ, замкнутомъ на дуговую лампу, (II\*) и кривую дѣйствующей электродвижущей силы при 5 омахъ, введенныхъ послѣдовательно съ лампою (III).



Фиг. 36.

Этотъ весьма интересный фактъ недавно лишь былъ доказанъ Фрисомъ (Philos. Magaz. 1896, p. 508) и помогъ выяснитъ многія противорѣчія въ опытахъ надъ дуговыми лампами въ цѣпи переменнаго тока.

3. Наконецъ, приведемъ еще примѣръ того, какъ правильная кривая электродвижущей силы генератора Эрликона (II на фиг. 36) можетъ измѣниться, если въ цѣпи введенъ электродвигатель, въ весьма неправильную кривую III.

Впрочемъ, условия, при которыхъ получена эта кривая, были, кажется, особенно неблагоприятны (см. Lorré, Traité des courants alternatifs, p. 191).

Долгое время думали, что альтернаторы должны производить синусоидальную электродвижущую силу. Теперь всѣмъ раздѣляется мнѣнiе, что различныя характеры кривыхъ тока имѣютъ свои удобства, въ различныхъ случаяхъ. Такъ, напр., въ случаѣ питанiя переменнымъ токомъ дуговыхъ лампъ болѣе выгодна плоская кривая III (фиг. 25), чѣмъ синусоида, не говоря уже о заостренной кривой. Это происходитъ отъ того, что вслѣдствiе сравнительно долгаго при синусоидѣ промежутка времени со слабыми токами дуга оказывается потухшею почти вчетверти периода (ислѣдованiя Блонделя), что влечетъ за собою ослабленiе средней силы свѣта, а также неприятое цѣние дуги.

Наивыгоднѣйшею кривою тока является прямоугольная ломанная линiя, какую можно получить, правда, лишь коммутацiею постояннаго тока. Фиг. 35 показываетъ, что включенiе въ цѣпи сопротивленiя измѣняетъ кривую тока выгоднымъ образомъ; то же производятъ и включенiе желѣзныхъ сердечниковъ, какъ показываетъ, напр., кривая тока фиг. 32.

Плоскiя кривыя весьма выгодны при заряденiи аккумуляторовъ коммутированнымъ переменнымъ токомъ (такъ назыв. выпрямленнымъ), такъ какъ въ случаѣ такихъ кривыхъ заряденiе можетъ происходить большую часть периода.

Наоборотъ, для трансформаторовъ болѣе выгодны заостренные кривыя. Опыты Штейнметца доказали, что потеря въ трансформаторѣ на гистерезисъ зависитъ лишь отъ наибольшаго намагниченiя и не зависитъ отъ кривой намагниченiя; вслѣдствiе этого изъ кривыхъ намагниченiя, дающихъ одинъ и тотъ же эффективный вторичный токъ, болѣе выгодною является кривая съ меньшимъ максимумомъ; оказывается, что мы тѣмъ ближе подходимъ къ такой кривой, чѣмъ болѣе заострена кривая первичнаго тока (см. Kapp, Transformers; франц. переводъ стр. 24; нѣмецк. пер. стр. 21). Штейнметцъ еще въ 1894 г. (Elektrot. Zeitsch. N. 36) доказалъ непосредственнымъ измѣренiемъ потери на гистерезисъ, что, въ среднемъ, при заостренной кривой тока, получается потеря на 9% меньшая.

Такимъ образомъ, къ „неправильной“ формѣ кривой

тока (дѣйствующей электродвижущей силы) нужно во многихъ случаяхъ стремиться, но нельзя при этомъ забывать, что явленiя становятся гораздо сложнее, и что часто нужна бываетъ большая догадливость и многосторонняя опытность, чтобы разобратся въ томъ или другомъ явленiи. Такъ напр. г. Шапиро (Elektrot. Zeitschr. 1893) указываетъ, что при сложной кривой электродвижущей силы вольтметры, имѣющие самоиндукцiю, даютъ всегда уменьшенную эффективную разность потенциаловъ въ сравненiи съ дѣйствительно существующей. Мы можемъ пояснить это такимъ образомъ: показанiя вольтметра зависятъ отъ тока, проходящаго по его обмоткѣ, зависящаго въ свою очередь отъ измѣряемой электродвижущей силы и электродвижущей силы самоиндукцiи вольтметра; но эта послѣдняя зависитъ отъ периода переменнаго тока. Слѣдовательно, если мы будемъ измѣрять электродвижущую силу, выражаемую уравненiемъ:

$$E = e_1 \sin \left( \frac{2\pi t}{T} \right) + e_2 \sin \left( \frac{6\pi t}{T} + \alpha \right) + e_3 \sin \left( \frac{10\pi t}{T} + \beta \right) + \dots,$$

то различныя слагаемыя этой E различнымъ образомъ уменьшатся и отстанутъ по фазѣ, а потому дѣйствующая электродвижущая сила вольтметра будетъ имѣть характеръ другой, чѣмъ имѣетъ E, и эффективный токъ въ катушкахъ вольтметра будетъ не тотъ, какой былъ бы при электродвижущей силѣ E.

Г. Шапиро вывелъ, что въ цѣпи альтернатора Ганца, у котораго  $E = 100 \sin(1.000t + \alpha) + 20 \sin(3.000t + \beta) + 30 \sin(5.000t + \gamma)$ , вольтметръ даже съ сопротивленiемъ въ 3.000 омовъ показываетъ на 8% меньше дѣйствительнаго \*. Понятно, что вольтметры безъ самоиндукцiи (напр. Кардью) не имѣютъ этого недостатка; вольтметры съ малою самоиндукцiею или очень большимъ сопротивленiемъ могутъ также считаться вѣрными.

Подобное дѣйствiе самоиндукцiи сказывается еще и въ электромагнитахъ дуговыхъ регуляторовъ. Если напр. (вычисляеть г. Шапиро) лампа подрегулирована на синусоидальномъ токѣ и такъ, что электромагнитъ, находящiйся въ отвѣтвленiи, приходитъ въ дѣйствiе, начиная съ напряженiя у зажмовъ лампы въ 28,5 вольтъ, то въ цѣпи тока несинусоидальнаго онъ начнетъ регулировать лишь при 30—33 вольтѣхъ.

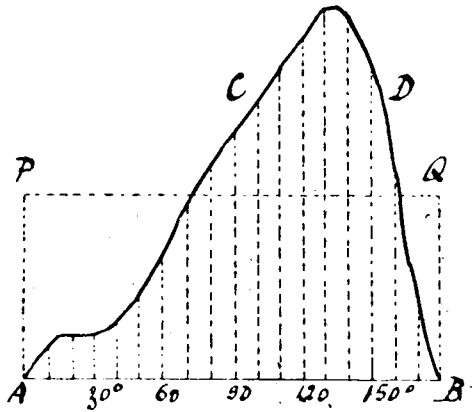
Съ другой же стороны, несмотря на сложность вопроса, необходимо всегда давать себѣ отчетъ въ искаженiяхъ кривой электродвижущей силы въ цѣпи, особенно если они могутъ быть столь значительными, какъ въ случаѣ, изображенномъ на фиг. 36, гдѣ нѣкоторыя мгновенныя электродвижущiя силы получили особенно большую величину. Коэффициенты самоиндукцiи при такомъ быстромъ ростѣ электродвижущей силы могутъ получить огромныя значенiя. Разность потенциаловъ въ отдѣльные моменты можетъ стать столь громадною, что изоляцiя цѣпи окажется недостаточною, и линiя можетъ сдѣлаться весьма опасною. Можетъ, наконецъ, представиться случай, что съ искаженiемъ кривой электродвижущей силы появится такая высшая гармоническая, на которую какъ разъ настроена цѣпи или какое нибудь отвѣтвленiе; это вызоветъ тоже огромныя разности потенциаловъ, но, успокаиваетъ Штейнметцъ, если цѣпи настроена на высшую гармоническую, то она совсѣмъ негодится для основнаго тока.

Въ заключенiе замѣтимъ, что есть еще способъ черченiя несинусоидальныхъ кривыхъ, такъ называемая полярная диаграмма. Пусть фиг. 37 представляетъ измѣненiе электродвижущей силы за ноль-периода (время отъ начала периода измѣняется на горизонтальной прямой углами фазъ, см. фиг. 16). Ту же самую электродвижущую силу можно представить полярною диаграммою (фиг. 38), если откладывать чрезъ равные угловые промежутки радиусы векторы, пропорциональные перпендикулярамъ кривой 37, построеннымъ на равныхъ разстоянiяхъ. Если на PQ, какъ диаметрѣ, построитъ

\*) Третья гармоническая едва замѣтна.

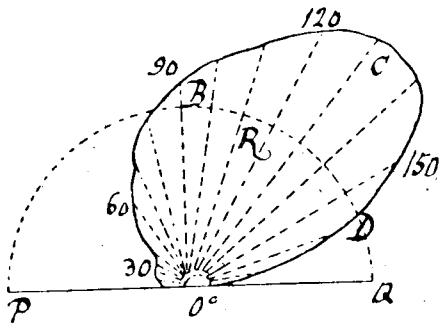
\*) Самоиндукцiя вольтметра была = 1 квадратъ.

полуокружность, площадь которой была бы равна площади кривой BCD, то радиус этой окружности ( $= \frac{PQ}{2}$ ) будет равен эффективной электродвижущей силе.



Фиг. 37.

(Флиминг: The Alternate Current transformers). Подобно этому, если на фиг. 37 площадь прямоугольника PQAB = площади, ограниченной кривою ACDB, то AP есть сред-



Фиг. 38.

нее значение электродвижущей силы, (важно, напр. при заряде аккумуляторов). Отношение  $\frac{\text{среднее значение}}{\text{эффективная величина}}$  характеризует кривую электродвижущей силы. Упомянем еще, что недавно Флейшмант (*Elektrot. Zeitschr.* 1897. II. 8 и 20) предложил способ исследования синусоидальной кривой с помощью центра тяжести площади, ограничиваемой ею.

В. Лебединский.

## Передача сигналов на расстоянии без проводников.

(Доклад В. Присса в Королевском Институте в Лондоне, 4 июня 1897 года).

Наука оказала большія благодѣянія человечеству: она снабдила его новыми знаніями, открывшими ему новый міръ. Мы можем видѣть то, что прежде считалось невидимымъ, слышать то, что раньше не слышали. Мы знаемъ, что вселенная наполнена эластичнымъ однороднымъ веществомъ, которое передаетъ безъ потерь теплоту, свѣтъ, электричество и другіе виды энергіи отъ одной точки пространства къ другой. Открытіе дѣйствительнаго существованія этого эфира составляетъ одну изъ большихъ заслугъ современной науки; его

свойства, его составъ остаются до сихъ поръ неизвѣстными. Всѣ попытки добыть эфиръ были выше могущества самыхъ выдающихся умовъ. Мы только можем сказать вмѣстѣ съ лордомъ Саллесбюри, что эфиръ есть разнообразное движеніе.

Мы должны удовлетвориться тѣмъ, что мы знаемъ, что первоначальнымъ назначеніемъ эфира является передача энергіи во всѣхъ ея видахъ, что онъ переноситъ эту энергію въ видѣ опредѣленныхъ волнъ, съ извѣстной скоростью, что онъ совершененъ отъ природы, но что онъ остается такимъ же необъяснимымъ, какъ вѣсъ или жизнь. Всякое возмущеніе эфира имѣетъ своимъ началомъ возмущеніе матеріи. Взрывъ, циклонъ, колебательное движеніе могутъ происходить въ фотосферѣ солнца. Пертурбаціи или волненія происходятъ въ эфирѣ и распространяются по прямымъ линіямъ по вселенной. Они достигаютъ Юпитера, Венеры, Земли и каждой планеты, которую они встрѣчаютъ на своемъ пути: всякая человѣческая машина или механическая, способная отвѣчать на эти волненія, показываетъ присутствіе ихъ. Такимъ образомъ, глазъ ощущаетъ свѣтъ, кожа — теплоту, гальванометръ показываетъ присутствіе электричества, магнитометръ показываетъ возмущенія въ магнитномъ полѣ земли.

Одной изъ главныхъ научныхъ побѣдъ нашего поколѣнія является прекрасное обобщеніе Клерка-Максвелла, который говоритъ, что всѣ колебанія имѣютъ одну и ту же природу и они отличаются одно отъ другаго только своими степенями. Свѣтъ есть явленіе электромагнитное, электричество, распространяющееся по законамъ оптики.

Число колебаній электромагнитныхъ волнъ измѣняется между нѣсколькими единицами въ секунду въ длинныхъ подводныхъ кабеляхъ и между нѣсколькими милліонами въ секунду, если эти волны возбуждаются по методу Герца. Свѣтотыны волнъ, число колебаній которыхъ доходитъ до 400 биліоновъ въ секунду у красныхъ и до 800 биліоновъ — у фіолетовыхъ, только этимъ и отличаются отъ электромагнитныхъ. Онѣ отражаются, преломляются, поляризуются, подвергаются интерференціи и движутся въ эфирѣ по прямымъ линіямъ съ одинаковою скоростью: 300.000 километровъ въ секунду\*).

Животный глазъ чувствителенъ только къ одному роду волнъ, глазъ электрической — имя данное лордомъ Кельвиномъ резонатору Герца — къ другому. Если бы электрическія волны могли быть доведены до длины въ ноль-микрона то онѣ производили бы на нашъ глазъ впечатлѣніе свѣта.

Еще одно опредѣленіе. Когда электричество, имѣя большой потенциалъ, скопляется въ діэлектрическихъ молекулахъ, подобныхъ воздуху, стеклу, гуттаперчѣ, молекулы растягиваются, обладаютъ зарядомъ и образуютъ въблизи *электрическое поле*. Когда оно дѣйствуетъ или находится въ кинетическомъ состояніи въ дѣиіи, то его называютъ *токомъ*. Если поддерживать токъ въ проводникѣ, то онъ находится въ двухъ состояніяхъ кинетическомъ и потенциальномъ; окрестныя средины находятся въ состояніи напряженія, которое образуетъ *магнитное поле*.

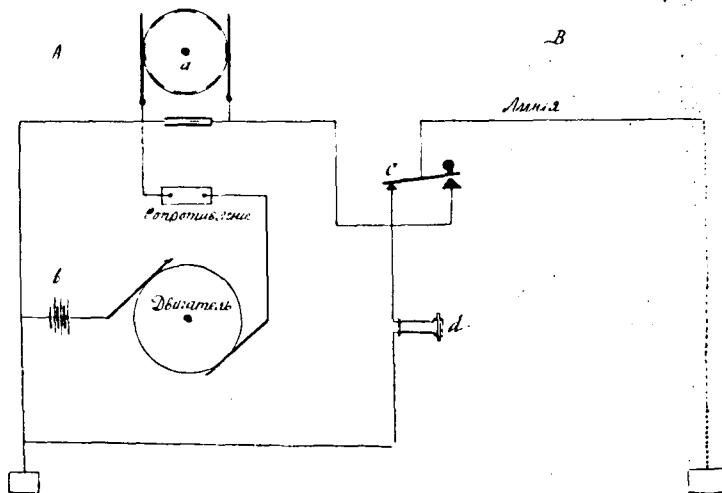
Въ первомъ случаѣ, заряды могутъ колебаться и возбуждать электрическія волны вдоль электрическихъ линій силъ; во второмъ случаѣ, токъ можетъ вырастать и мѣнять регулярно положенія и образовать электромагнитныя волны.

Электрическія волны Герца были утилизированы Маркони; В. Приссъ утилизировалъ волны электромагнитныя. Слѣдуя хронологическому порядку, опишемъ сначала передачи электромагнитныя.

\*) Здѣсь пропущена часть доклада, въ которой описывается приборъ, построенный проф. Сильванусомъ Томпсономъ и предназначенный для показанія распространенія электрическихъ волнъ въ пространствѣ. В. Приссъ описывалъ этотъ приборъ, имѣя его передъ глазами; но описаніе это не имѣетъ значенія безъ рисунка, а потому и пропущено нами.

**Передача волнами электромагнитными.** (В. Присса, 1892 г.). В 1884 году телеграммы посылаемы по изолированным проволокам, помещенным в железных трубах под землей в Лондон, были читаемы в телефонных трубках, помещенных на столбах, прикрепленных на крышах домов на расстоянии 24 метров. В 1885 году узнали что обыкновенные телеграфные цепи производить колебания на расстоянии 600 метров. На расстоянии 1600—2000 метров через один квартал можно было слышать совершенно ясно телефонный разговор. Тщательные опыты были произведены в 1886 и 1887, чтобы доказать что явления происходили от самых настоящих электрических волн, без всякого участия земли, как проводника. В 1892 году довольно ясно передавались поручения через часть Бристольского канала между Пенертом и Флетголмом на расстоянии 5,3 км. В начале 1895 года спусти кабель между Обаном и островом Мюлем; и так как не нашлось корабля для его поправки, то сообщение было возобновлено употреблением в дело параллельных проводов на каждом берегу, передавая сигналы через пространство с помощью этих электромагнитных волн.

Прибор (фиг. 39) соединенный с каждым из проводов состоял из колеса-прерывателя *a* производившего около 260 колебаний в секунду в первичном проводе, батареи *b* около 100 элементов Лекланше, ключа Морзе *c*, телефонного приемника *d* и прерывателя для пуска и остановки колеса. Правильная передача зависит более от быстрых изменений первичного тока, чем от количества энергии, приходящей в колебание. 260 колебаний в секунду производят известный ток, приятный для слуха.



Фиг. 39.

В электромагнитной системе две параллельные цепи помещаются по одной на каждом берегу канала или реки, причем каждая цепь может быть и первичной, и вторичной смотря по направлению передаваемых сигналов.

Сильный электрический ток, альтернатор или вибратор помещаются в первичной цепи, чтобы образовывать сигналы, буквы и слова азбуки Морзе. Эти колебания тока переносятся в виде электромагнитных волн через пространство и, если вторичная цепь помещена на пути следования этих волн эфира, то их энергия преобразуется во вторичный ток во второй цепи. Эти токи могут действовать на телефон и воспроизвести сигналы. Они очень слабы, но были замечены на расстоянии до 8 километров, если между двумя цепями не было никаких преград.

Эти явления были известны послѣ Фарадея и Генри только в лабораториях, и только благодаря введению телефона, их можно было утилизировать практически

при значительных расстояниях. В августе 1896 года делались опыты над устройством сообщения между берегом и пловучим маяком в North-Sandhead (Гудвин) с помощью аппарата, построенного Эвершедом и Винволем; очень остроумное реле было изобретено для устройства вызова Эвершедом. Один конец кабеля был свернут на дѣл и обнимал собою все то пространство на котором плавал маяк без действия прилива и отлива; другой конец был соединен с берегом. Судно было окружено другим проводом ниже грузовой линии. Оба провода отдѣлялись один от другого расстоянием, равным, по меньшей мере, 260 метрам, так что соединение между ними было невозможно. Экран образуемый водою моря и железным кузовом судна, поглощал всю энергию цепи и поэтому все явления на берегу были хотя замѣтны но слишком слабы для того чтобы воспроизвести сигналы.

Предварительные опыты не дали возможности определить окончательно скорость, с которою энергия поглощалась глубиной или плотностью воды. Хотя опыт с передачей через воду не привел ни к каким результатам, опыты с передачей через воздух удавались на значительных расстояниях когда была возможность укрѣпить на каждом берегу по кабелю равному по длине пространству между этими берегами.

Однако не всегда возможно достигнуть желаемой длины для получения наилучших явлений. Это например невозможно на пловучем маякѣ, на маяках, расположенных на скалах и на маленьких островах.

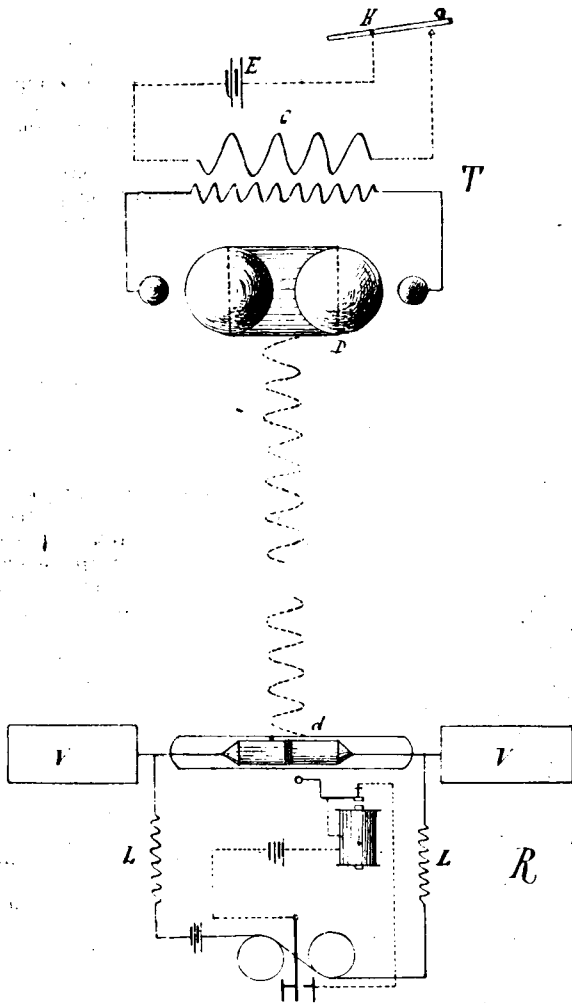
**Передача электрическими волнами.** (Маркони, 1896 г.). В июль 1896 года, Маркони привез в Англию новую систему. Система Присса была основана на употреблении электромагнитных волн малаго числа колебаний и зависѣла от колебаний электрическаго тока в первичном проводе.

Маркони утилизировал электрические волны, или волны Герца большого числа колебаний, которые зависѣли от колебаний электростатическаго поля на поверхности одной или многих сфер. Он изобрѣлъ новое реле, чувствительность котораго превосходит таковую у всех других известных до сих пор электрических приборов\*). Особенность системы Маркони состоит в томъ, что кромѣ обыкновенных соединяющих различныя части проводов прибора, короткіе провода совершенно достаточны и даже можно избѣжать их употребляя рефлекторы.

**Передачикъ.** Передатчикъ Маркони (фиг. 40) представляет собою не что иное, как радиаторъ Герца в томъ видѣ, какой ему придал профессор Риги. Два круглых шара из латуни диаметромъ в 10 см. помещаются в коробку такимъ образомъ, что половина каждого шара находится в воздухѣ, а другія половины помещаются в коробкѣ хорошо изолированной, наполненной вазелиновымъ масломъ. Это масло имѣет своимъ назначениемъ поддерживать электрическую чистоту поверхности шаровъ, во избѣжаніе частой полировки требуемой шарами Герца; оно дает колебаниямъ, которые возбуждаются шарами, правильную и постоянную

\*) Позволимъ себѣ напомнить нашимъ читателямъ, что в № 13—14 „Электричества“ за прошлый 1896 годъ былъ описанъ приборъ А. Попова „для обнаруженія и регистраціи электрическихъ колебаний въ атмосферѣ“ какъ онъ былъ названъ изобрѣтателемъ. Реле Маркони представляетъ почти точную копію этого прибора г. Попова, а потому мы не можемъ согласиться, что „Маркони изобрѣлъ новое реле и т. д.“, и призываемъ это, не желая только нарушать чѣстность этой статьи, взятой нами изъ „Industrie Electrique“.

ную форму; оно стремится уменьшить длину волны, которая измѣряется сантиметрами, тогда какъ волны Герда измѣряются метрами. При этихъ условіяхъ разстояніе, на которомъ проницаютъ эти явленія, должно увеличиться. Маркони утилизируетъ главнымъ образомъ волны длиной въ 120 см. Два маленькихъ шара помещаются противъ большихъ и сообщаются съ концами вторичной цѣпи индукціонной катушки С, первичная цѣпь которой питается батареей Е, соединенной или не соединенной съ этой цѣпью съ помощью ключа Морзе К.



Фиг. 40.

Каждый разъ при нажатіи ключа К, между шарами проскакиваютъ искры, и такъ какъ система, образуемая шарами, обладаетъ емкостью и электрическою инерціею (самоиндукція), то въ ней зараждаются весьма быстрыя колебанія, число которыхъ доходитъ до 250 милліоновъ въ секунду, и которыя распространяются по линіи Dd. (Фиг. 40).

Разстояніе, на которомъ довольно быстрые колебанія распространяютъ свое дѣйствіе за виситъ главнымъ образомъ отъ энергіи разряда. Катушка, дающая 15-ти сантиметровую искру, дѣйствуетъ на 6 км.; для большихъ дистанцій надо употребить катушки, дающія болѣе значительныя искры, до 50 см. длиной. Разстояніе увеличивается съ увеличеніемъ шаровъ и удваивается, когда берутъ шары сплошныя, а не полые.

Пріемникъ. Релѣ Маркони состоитъ изъ малерькой

стеклянной трубки, длиной въ 4 см., въ которой находится два серебряныхъ цилиндра, соединенные съ пластинками; они находятся одинъ отъ другого на разстояніи 1/2 мм., которое заполнено мелкими опилками никеля и серебра съ едва замѣтной примѣсью ртути. Воздухъ въ трубкѣ разрѣженъ до 4 мм. ртутн она составляетъ часть цѣпи, образуемой элементомъ и очень чувствительнымъ телеграфнымъ релѣ.

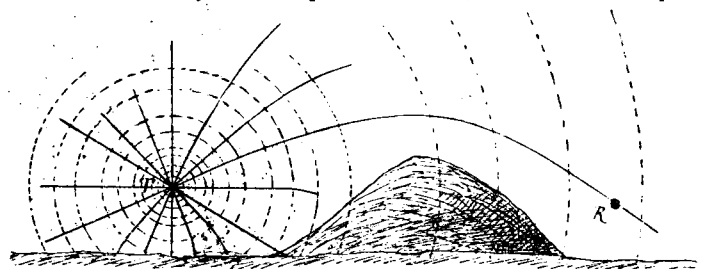
Обыкновенно устроенная такимъ образомъ трубка представляетъ собою изоляторъ; частицы опилокъ находятся въ безпорядкѣ и соприкасаются неправильно; но когда электрическія волны попадаютъ на опилки, эти частицы намагничиваются, приходятъ въ порядокъ, равняются и, по выраженію профессора Лоджа, сбѣляются: образуется электрическое соединеніе и токъ начинаетъ проходить. Сопротивленіе релѣ Маркони, которое практически безконечно, понижается до 5 омовъ подъ дѣйствіемъ сильныхъ электрическихъ волнъ.

Это явленіе пониженія электрическаго сопротивленія порошкообразныхъ веществъ подъ вліяніемъ электрическихъ волнъ, было хорошо извѣстно и раньше. Въ 1866 году, С. А. Варлей устроилъ громоотводъ состоявшій изъ деревянной коробки, которая была наполнена угольнымъ порошкомъ и соединена съ самымъ стержнемъ громоотвода, онъ дѣйствовалъ хорошо, по получившея сбѣвленіе дѣлало средство ниже всякой критики. Аналогичное явленіе сбѣвленія бываетъ также въ микрофонѣ Гунцинга съ угольными крупицами, и его надо часто встряхивать для возвращенія частицъ въ первоначальное состояніе безпорядка. Въ 1890 году Е. Бранли показалъ, что мѣдныя, алюминіевыя или желѣзныя опилки дѣйствуютъ такимъ же образомъ. Профессоръ Оливеръ Лоджъ усовершенствовалъ этотъ приборъ назвавъ его соединителемъ (coherer); подъ этимъ именемъ онъ приобрѣлъ всемірную извѣстность.

Маркони *развѣдываетъ* опилки, употребляя мѣстную цѣпь и заставляя вибрировать довольно быстро маленький молоточекъ, который, ударяя по стѣклянной трубкѣ, производитъ звуки, читаемыя по азбукѣ Морзе. Тотъ же самый токъ, употребляемый для встряхиванія приемника, можетъ дѣйствовать на телеграфъ Морзе, печатающій знаки на лентѣ. Трубка кончается двумя дочечками *vv*, расчитанными такъ, чтобы обуславливать электрическое равновѣсіе въ смыслѣ емкости передатчика и приемника. Спиральи, самоиндукціи L и L, служатъ для того, чтобы электрическія волны не проходили вѣдъ соединителя.

Электрическія колебанія произведенныя передатчикомъ доходятъ до приемника, настроеннаго въ униссонъ съ ними, образуется сбѣвленіе между опилками, токъ проходитъ черезъ приемникъ въ релѣ и, такимъ образомъ, получаютъ сигналы.

Въ свободномъ пространствѣ между двумя точками, видимыми одна отъ другой, не требуется употребленія какихъ либо иныхъ приборовъ; но когда между этими двумя точками находится какая-нибудь преграда или если онѣ находятся на очень большихъ разстояніяхъ, то приходится употреблять еще столбы, бумажныя змѣи или воздушныя шары для помѣщенія на нихъ прибо-



Фиг. 41.

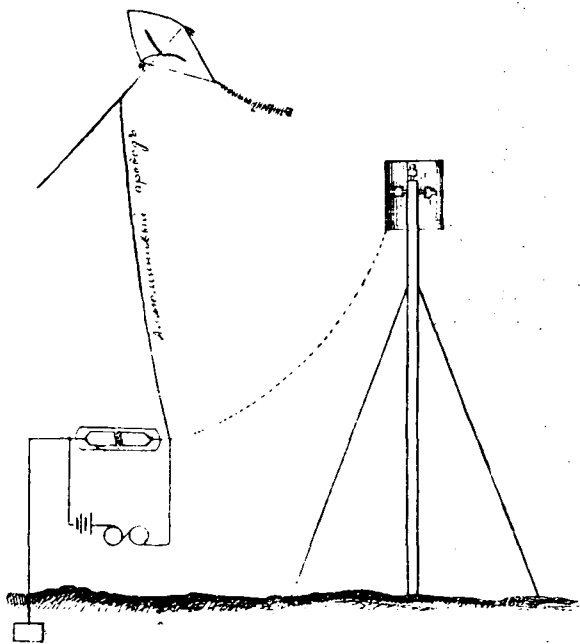
ровъ. Псытанія сбѣланныя между Пенертомъ и Бридоупомъ черезъ Бристольскій каналъ на разстояніи 9 миль (14,4 км.),—дали весьма хорошіе результаты.



Зеркала усиливали явления, но были оставлены по причине их дороговизны и значительного времени для их приготовления.

Интересно то, что холмы и вообще заметны возвышения не препятствуют распространению: линии сил обходят (фиг. 41) эти препятствия. Погода также не оказывает никакого влияния: электрические волны одинаково свободно распространяются при дожде, тумане, снеге и ветре.

Металлические дощечки, прикрепленные к приемнику, могут быть уничтожены. Один полюс приемника может быть соединен с землей, а другой — с верхушкой столба или с воздушным шаром при помощи проволоки. Провод и воздушный шар или бумажный змей, покрытый оловянной фольгой, играют роль дощечек, но в этом случае надо соединить с землей также и один полюс передатчика (фиг. 42).



Фиг. 42.

Можно передавать одновременно несколько денешт в разных направлениях сразу. Достаточно только сравнить числа колебаний передатчиков и приемников.

Хотя практическое применение вышележащего только еще изучается и должно быть усовершенствовано, прежде чем войти во всеобщее употребление, все же эта система заслуживает большого внимания. С точки зрения возможности сообщений с кораблями и маяками, она представляет научный прогресс в весьма важном направлении.

(L'Ind. Electr. № 131).

## ОБЗОРЪ.

**Открытие источников поляризованного света.**—Вдоль светового луча обыкновенно распространяются всевозможны колебания, перпендикулярны к направлению луча; если луч направлен, напр., с севера на юг, то колебания в нем происходят во всех возможных направлениях в плоскости экватора. Однако существует много способов сдѣлать такой луч „естественного“ света „прямолинейно“ поляризованным, т. е. заставить колебания в нем происходить только по одному какому нибудь направлению

(конечно, все же перпендикулярно к лучу), но до сих пор не было известно примѣра, чтобы такой поляризованный свет получался прямо от светового источника.

В концѣ прошлаго года молодым голландским физиком *Земаномъ* (Zeeman нынѣ профессоръ въ Амстердамѣ) былъ открытъ такой источник; если помѣстить обыкновенное натровое пламя въ довольно сильное магнитное поле (ок. 8000 линий силъ и больше), то оказывается, что это пламя испускаетъ по направлению перпендикулярному къ линиямъ магнитныхъ силъ лучи отчасти прямолинейно поляризованные (т. е. смѣшанные съ естественнымъ светомъ); светъ, испускаемый по направлению линий силъ оказывается (отчасти) кругово-поляризованнымъ т. е. такимъ, въ которомъ частицы вращаются по кругамъ вокругъ направления луча; наконецъ, но направлениямъ между линією полюсовъ и магнитнымъ экваторомъ испускается светъ эллиптически поляризованный. Весьма замѣчательно, что у этихъ явленій существуетъ еще другая сторона, которую Земану удалось наблюдать прежде всего: известно, что если разложить светъ натриваго пламени, то даже самый мощный спектроскопъ (вогнутая дифракционная рѣшетка) покажетъ лишь двѣ желтыя линіи, т. наз.  $D_1$  и  $D_2$ . Если помѣстить пламя въ магнитное поле, то эти линіи становятся шире, *разбухаютъ*, это показываетъ, что къ прежнимъ прибавились непосредственно сосѣднія спектральныя линіи, которыя и увеличили собою ширину каждой изъ  $D$ ; такимъ образомъ натровое пламя, находясь въ магнитномъ полѣ испускаетъ нѣсколько болѣе сложный (болѣе различныхъ длинъ волнъ) светъ чѣмъ, въ обычныхъ условияхъ. Все это объясняется слѣдующимъ образомъ: многія явленія говорятъ за то, что уединенную частицу какого-нибудь тѣла должно представлять собой заряженную, несущую въ себѣ известный зарядъ-ионъ. По нѣкоторымъ теоріямъ светъ есть электро-магнитное возмущеніе, производимое колебаніемъ такой заряженной частицы (или ея іона). Но зарядъ, который колеблется, т. е. движется, можетъ быть рассматриваемъ, какъ токъ; и потому, если онъ находится въ магнитномъ полѣ, онъ будетъ постоянно отклоняться отъ прямолинейнаго движенія, крутясь вокругъ линіи магнитной силы въ ту или иную сторону, смотря по направленію своей первоначальной скорости. Эти то вращающіяся частицы и образуютъ кругово-поляризованные лучи. Но теорія показываетъ кромѣ того, что періодъ этихъ вращеній nebude равенъ времени ея прежняго прямолинейнаго колебанія; онъ будетъ или немного меньше его, или немного больше, смотря по направленію и силѣ магнитнаго поля; отсюда понятно, почему спектроскопъ показываетъ появленіе новыхъ колебаній съ большимъ и меньшимъ періодами, которыя именно и оказываются при другихъ способахъ изслѣдованія поляризованными. Измѣненіе въ періодѣ колебаній столь незначительно, что нужны очень сильныя спектроскопы которые бы замѣтно разсѣивали даже лучи съ очень близкими періодами. Чѣмъ направленіе колебанія ближе къ осямъ линіи магнитнаго поля, тѣмъ меньше это поле дѣйствуетъ на него. Колебания вдоль линіи силъ совершаются съ тѣмъ же періодомъ какъ и внѣ магнитнаго поля.

Мы не можемъ входить въ подробности объясненія, отчего получается прямолинейная поляризація у лучей, направленныхъ въ плоскости магнитнаго экватора; замѣтимъ лишь, что всѣ эти явленія были теоретически предсказаны известнымъ физикомъ Лорентцомъ. (проф. въ Лейденѣ).

Проф. Н. Г. Егоровъ, рассматривая светъ, испускаемый пламенемъ въ магнитномъ экваторѣ, какъ случай частной прямолинейной поляризаціи, пришелъ къ убѣжденію, что влияние магнитнаго поля можно изслѣдовать тѣмъ же приемами, какіе употребляются при всякомъ изслѣдованіи отчасти поляризованнаго света. Приемы эти весьма просты (проф. Егоровъ остановился напр. на полярископѣ Савара), тогда какъ, для изученія влияния поля съ точки зрѣнія спектральнаго анализа необходимы такіе приборы, которые нигдѣ далеко не во всякой даже богато обставленной лабораторіи.

Благодаря такому счастливому упрощению приема Н. Г. Егорову удалось измерить (количеством поляризованного света), как изменяется влияние магнитного поля съ увеличением напряжения его. Оказалось, что влияние это не растет безпредельно, но приближается къ некоторому максимуму. Дальнейшие опыты проф. Егорова показали замѣчательный фактъ: магнитное поле дѣйствует не одинаково на разные лини спектра одного и того же тѣла; оно болѣе дѣйствует на лини *лево обращасмя*, т. е. такія, которыя пропадаютъ, если свѣтъ этого тѣла проходитъ чрезъ болѣе холодныя пары того же тѣла. Будущее покажетъ, къ чему приведетъ этотъ новый примѣръ близкой связи свѣтовыхъ явленій съ магнитными, и къ тому же—примѣръ, въ которомъ мы съ большою ясностью понимаемъ самый механизмъ этой связи. Оливеръ Лоджъ, повторяющій въ широкихъ размѣрахъ опыты Земана, говоритъ, что Ларморъ, Тэтъ, Стоксъ были близки къ идеѣ Земана и даже дѣлали опыты (Тэтъ) въ этомъ направленіи, но безуспѣшно. Счастливецъ былъ Фивецъ (Fievez), который еще въ 1895 г. наблюдалъ не только расширение патровыхъ линій въ магнитномъ полѣ, но даже обращеніе ихъ, т. е. появленіе черной полоски въ срединѣ каждой изъ линій, и даже второе обращеніе т. е. появленіе желтой полосы въ этой черной. Опыты Фивеца не были свободны отъ возраженій. Наконецъ, last not least, Фарадей въ 1862 г. искалъ дѣйствія окрашеннаго пламени, помещеннаго между полюсами электромагнита, на естественный и поляризованный свѣтъ. Это былъ его послѣдній опытъ въ жизни; онъ не далъ ему никакого результата.

**Коэффициенты кажущагося увеличенія сопротивленія и паденія напряженія въ канализацияхъ переменнаго тока большихъ сѣченій.** Приводимыя ниже кривыя даютъ паденія напряженія въ вольтахъ на длинѣ 100 метровъ (длина кабеля=200 метровъ) для силы тока 100 амперъ и сѣченій кабеля отъ 30 мм<sup>2</sup> до 260 мм<sup>2</sup>. Нижняя

тому числу периодовъ въ секунду, опредѣляютъ по кривымъ паденіе *u* вольтъ, соответствующее силѣ тока 100 амперъ и длинѣ 100 метровъ. Дѣйствительное паденіе, при силѣ тока *J* (А), длинѣ *L* (м), и сѣченіи *S* (мм<sup>2</sup>) будетъ:

$$x = u \cdot \frac{L (m)}{100} \cdot \frac{J (A)}{100}$$

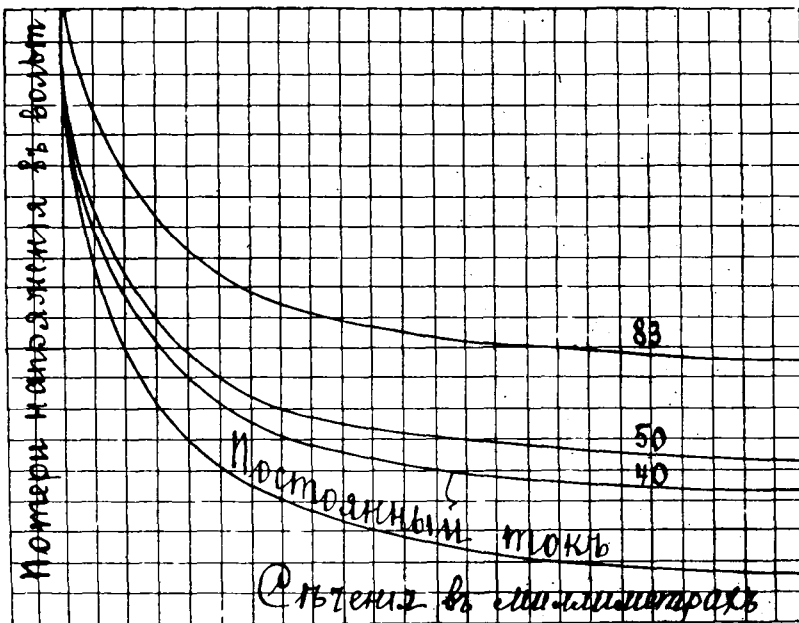
Если получилось паденіе болѣе допущеннаго *u*, то измѣняютъ въ соответствующемъ направленіи сѣченіе и дѣлаютъ снова подобную же повѣрку. Замѣтимъ, что предыдущія кривыя соответствуютъ разстоянію между проводами въ 30 (см).

Если, послѣ нѣсколькихъ попытокъ, не удастся подсказать сѣченіе, удовлетворяющее требованію, то это покажетъ, что слѣдуетъ измѣнить нѣчто въ самой установкѣ: приблизить трансформаторъ, или иногда сблизить значительно положительный и отрицательный провода.

*Таблица величинъ коэффициента, на который надо умножить омовое сопротивленіе, чтобы получить дѣйствительное.*

Сѣченіе въ мм <sup>2</sup>	Диаметръ въ мм.	K <sub>40</sub>	K <sub>50</sub>	K <sub>83</sub>
20	5	1,04	1,06	1,16
28	6	1,09	1,13	1,33
79	10	1,44	1,63	2,42
113	12	1,74	2,04	3,12
176	15	2,32	2,80	4,46
254	18	3,02	3,71	6,02
314	20	3,61	4,44	7,21
490	25	5,20	6,45	10,7
707	30	6,96	8,68	14,4
1,018	36	8,31	11,1	18,3

(L'Industrie Électrique, № 126, 1897).



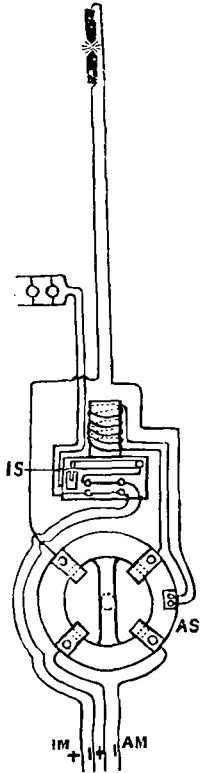
Фиг. 43.

кривая соответствуетъ постоянному току, слѣдующія для числа периодовъ: 40 въ секунду, 50 и 83. Пользуются этими кривыми слѣдующимъ образомъ. Положимъ даны: сила тока *J*, который надо провести по вѣтви длиной *L*, и паденіе *u*. Задаются произвольно сѣченіемъ *S* и по этому сѣченію, соответственно дан-

**Автоматическое гашеніе электрическихъ лампъ.** — Несомнѣнно было бы очень удобно и экономично устройство уличное освѣщеніе такъ, чтобы его сила уменьшалась въ полночь или въ другое время, когда на улицахъ требуется меньше свѣта. Для этой цѣли въ нѣкоторыхъ городахъ дуговая лампа въ полночь гасится и освѣщеніе продолжается отъ лампъ накалыванія. Такой способъ примѣняется, напримѣръ, въ Портсмутѣ (въ Англии), гдѣ на каждомъ ламповомъ столбѣ подвѣшены дуговая лампа и двѣ лампы накалыванія. Примѣняя такое двойное освѣщеніе, надо конечно выработать какой либо способъ для перехода отъ одного освѣщенія къ другому. Конечно можно было бы посылать человака обходить лампы, если сѣтъ освѣщенія не очень обширная, но при болѣе или мѣнѣе раскинутой и обширной сѣти необходимо прибѣгать къ автоматическимъ коммутаторамъ, и въ виду этого интересно будетъ рассмотреть, какъ это сдѣлано въ Портсмутѣ. Въ этомъ городѣ на 240 ламповыхъ столбахъ поставлены коммутаторы, устроенные такимъ образомъ, что когда гасится дуговая лампа, автоматически зажигаются лампы накалыванія. Приспособленіе состоитъ изъ электромагнита, введеннаго въ цѣпь послѣдовательно съ дуговой лампой и притягивающаго конецъ рычага, пока эта лампа горитъ; какъ

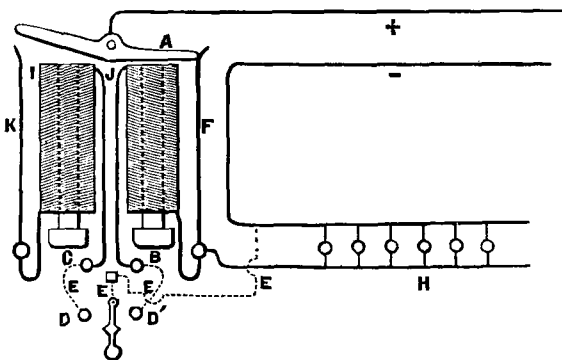
только дуговые лампы погасят, рычаг падает в гнездо коммутатора и темь замыкает цепь ламп накаливания.

На фиг. 44 представлена схема электрических соединений приспособления. Здесь JS — коммутатор ламп накаливания, AS — коммутатор дуговых ламп; JM — провода ламп накаливания и AM — провода дуговых ламп.



Фиг. 44.

Чтобы на развѣтѣ погасить лампы накаливания, не зажигая дуговыхъ лампъ, поступаютъ при этихъ коммутаторахъ такъимъ образомъ: пропускаютъ черезъ дуговья лампы, а слѣдовательно и черезъ электромагниты токъ обратнаго направленія; при этомъ рычагъ поднимается изъ гнезда коммутатора и прерываетъ цепь лампъ накаливания. Такъ какъ по проводамъ низкаго напряженія, съ которыми соединены лампы накаливания, всегда долженъ проходить токъ, то описываемое приспособленіе должно быть устроено такъ, чтобы рычагъ не падалъ опять въ гнездо коммутатора JS; это устраняется слѣдующимъ довольно остроумнымъ способомъ: подъ самымъ электромагнитомъ расположенъ постоянный магнитъ, который можетъ свободно двигаться въ горизонтальномъ направленіи и къ концу котораго прикрѣпленъ рычагъ или стопоръ; при пропусканіи обратнаго тока этотъ магнитъ передвигается впередъ и его стопоръ, подойдя подъ рычагъ коммутатора, который въ это время бываетъ протянутъ вверхъ, не позволяетъ ему упасть и замкнуть цепь лампъ накаливания, когда по обмоткѣ электромагнита перестанетъ проходить токъ. Обратный токъ пропускается приблизительно въ теченіе 5 минутъ. Вечеромъ, когда въ цепь пускаютъ обыкновенный токъ для освѣщенія, постоянный магнитъ переходитъ въ свое первоначальное положеніе и даетъ возможность рычагу коммутатора дѣйствовать, смотря по тому, намагниченъ или размагниченъ электромагнитъ.



Фиг. 45.

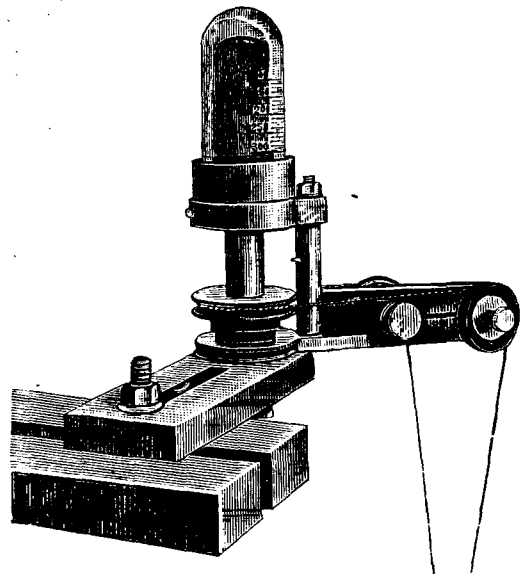
На фиг. 45 представлена другая форма коммутатора для управленія издали лампами накаливания въ зданіяхъ. Такой коммутаторъ можно поставить, напримеръ, въ подвалѣ, сдѣлавъ приспособленіе для управленія имъ

изъ какого угодно этажа. Онъ заключаетъ въ себѣ два соленоида, сердечники которыхъ производятъ замыканіе и размыканіе цепи. Какъ можно видѣть на схемѣ, токъ, поступивъ въ середину коромысла А, идетъ по пружинѣ F въ лампы Н. Рукоятка для управленія коммутаторомъ находится въ постоянномъ соединеніи съ отрицательнымъ ламповымъ проводомъ. Если повернуть ее вправо, пока она не соприкоснется съ D<sub>1</sub>, то правый соленоидъ будетъ введенъ въ цепь параллельно лампамъ, влѣдствіе чего онъ съ силой втянетъ свой сердечникъ В, который своимъ концомъ вытолкнетъ А изъ соприкосанія съ F и темъ выведетъ лампы Н изъ цепи. При этомъ коммутаторъ сейчасъ же возвращается въ свое первоначальное положеніе, такъ какъ обладаетъ той важной особенностью, что самъ прерываетъ свой собственный контактъ. При описанномъ выше дѣйствіи лѣвое плечо коромысла А приходитъ въ соприкосаніе съ K; когда потребуется снова зажечь лампы, поворачиваютъ ручку коммутатора влѣво для контакта съ D, ввода такимъ образомъ въ цепь лѣвый соленоидъ; послѣдній втягиваетъ свой сердечникъ С, который отталкиваетъ коромысло А отъ K и приводитъ его опять въ соприкосаніе съ F.

Примѣненіе описаннаго сейчасъ коммутатора избавляетъ отъ необходимости прокладывать массивные кабели по зданію; вмѣсто нихъ прокладываются къ мѣсту, откуда желаютъ управлять освѣщеніемъ, только тонкіе провода.

(The El. Review).

**Жиросметръ Брауна.**—На фиг. 46 представленъ неподвижно устанавливаемый типъ жиросметра. Последній представляетъ закрытую съ обоихъ концовъ трубку, наполненную несолена жидкостью, которая достаточно постоянна по химическому составу. Трубочка эта, заключенная въ чехолъ съ дѣленіями, наносимыми практически, и показывающими скорость, укрѣплена на оси, приводимой во вращеніе шнуромъ или ремешкомъ отъ



Фиг. 46.

оси, скорость которой измѣряется. Указателемъ скорости служитъ положеніе вершины вогнутости поверхности жидкости, вогнутости, имѣющей форму параболоида вращенія, ось котораго есть ось вращенія трубки жиросметра. Очевидно, что жиросметръ есть воплощеніе простоты и можетъ съ успѣхомъ замѣнить тахометры и счетчики оборотовъ. Жиросметры устриваютъ также съ ручкой и острымъ наконечникомъ, которымъ непосредственно упираютъ въ центръ наблюдаемой оси. Иѣ-

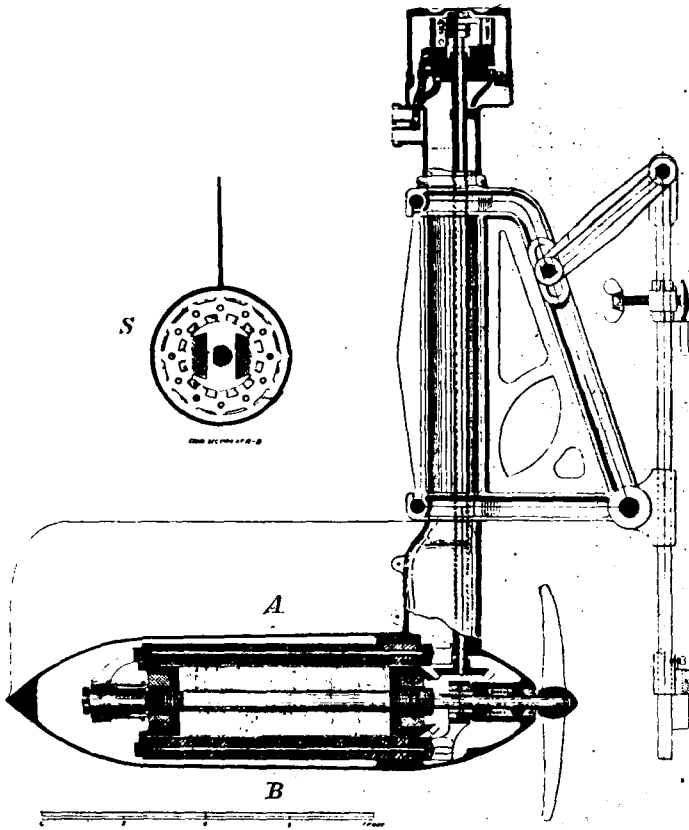
который наклон не вредит точности результатов. Строятся жиромеры на числа оборотов от 30 до 3000 в минуту.

(L'Electricien № 261 1895 г.).

**Причины коротких замыканий в трансформаторах, погруженных в тяжелое масло.** — По исследованиям проф. Гернега и опытам г. Ю. Веста, причина коротких замыканий в трансформаторах, погруженных в тяжелое масло, заключается в попадании в последнее мельчайших капель воды при циркуляции, существующей в масле во время работы трансформатора, когда оно нагревается. Капельки воды всасываются мало-помалу бумажной изоляцией обмотки трансформаторов и вызывают с течением времени короткие замыкания и даже взрывы. Поэтому необходимо масло после заливки прокипятить и защитить его поверхность от доступа наружного воздуха. Случалось наблюдать г. Ю. Весту электрические разряды и на поверхности масла, не защищенной от доступа воздуха.

(Electrot. Zeitschr. N. 11. 1897).

**Усовершенствованный рулевой электродвигатель для шлюпок.** — Лондонская фирма Нью и Мейна построила недавно подобный двигатель, представляющий более усовершенствованную форму по сравнению с прежними. Двигатели подобного рода, как известно, строятся вместе с рулем и могут применяться ко всякой шлюпке (конечно подходящей величины) без всяких переделок в последней.



Фиг. 47.

Двигатель Нью и Мейна изображен на фиг. 47. Он состоит из электродвигателя, заключенного в водонепроницаемый кожух в форме небольшой мины и расположенного снизу руля (S представляет пелереч-

ное сечение этого двигателя и руля по АВ). Он поддерживается на трубе, внутри которой проходят провода от него и вал, оканчивающийся сверху коллектором. Двигатель подвешивается у шлюпки при помощи раздвижной рамы, чтобы можно было подвешивать к различным шлюпкам; эта рама легко отнимается от двигателя. На валу, выступающем из кожуха двигателя, надета гребной винт, который вращается с большой скоростью.

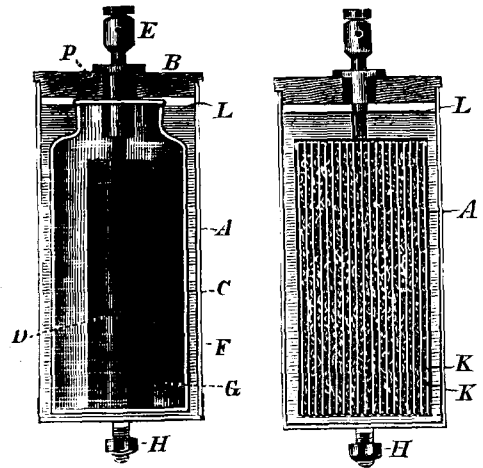
В электродвигателе вращаются электромагниты, а не якорь; они расположены внутри последнего.

Двигатель снабжается током, конечно, от аккумуляторов. Такой двигатель в  $\frac{1}{2}$  лш. сил. весит около 25 кг., а в 2 л. с. — около 90 кг.

(The El. Review).

**Электролитический конденсаторь Теслы.** — Г. Никола Тесла \*) недавно взял патент на новое устройство конденсатора, обладающего при малом объеме большой емкостью. В основании нового конденсатора положено следующее экспериментально найденное обстоятельство: чтобы конденсатор мог сопротивляться высоким напряжениям, необходимо из него удалить малейшие следы воздуха или другого газа.

На рис. 48 представлен конденсаторь Теслы в разрезе. А — металлический сосуд, закрытый эбонитовой пробкой В. Этот сосуд наполняется раствором какой либо металлической соли, например раствором морской соли. Затем в сосуд ставится стеклянная банка С, наполняемая тем же раствором, в который погружают металлический цилиндр D, соединенный



Фиг. 48.

с медным стержнем Е, служащим одним из электродов. Весь конденсатор затем нагревают так, чтобы раствор хорошо прокипел, после чего на раствор наливают слой хорошо прокипяченного масла. Конденсатор после этого герметически закрывают пробкой В, через которую пропущена фарфоровая трубка Р. Н — другой зажим, соединенный с металлическим сосудом А.

В другом типе, обладающем еще большей емкостью, в раствор соли опускают пучек проволок, изолированных толстым слоем вулканизированного каучука или гуттаперчи и изогнутых в виде буквы U. Эти проволочки составляют вторую обкладку и присоединены к металлическому диску, подвешенному к крышке металлического сосуда конденсатора. (Electricien).

\*) Серб по происхождению.

**Новый гальванометр для переменных токов.** — Лорд Рейлей вновь напоминает о предложенном им еще в 1868 г. гальванометре со стрелкою из мягкого железа. Продолговатая стрелка подвешивается внутри катушки под углом в 45° к оси оборотов; принимается, что магнетизм стрелки состоит из двух частей: постоянной и пропорциональной току (намагничивающей силе), что для слабого намагничивания достаточно близко к истине. Отклоняющую силу, действующую на стрелку, лучше всего измерять закручиванием нити, на которой стрелка подвешена. В то время лорд Рейлей применял свой гальванометр для постоянных токов, теперь он рекомендует его для переменных, как измеритель угла запаздывания тока от э. д. силы. В этом случае имются две катушки, расположенные симметрично относительно стрелки (2 см. длиной); одна с одним оборотом введена в главную цепь, другая (с большим, хотя тоже незначительным числом оборотов) — в отвлеченную у концов этой цепи. Сперва измеряется отклоняющая сила при действии на стрелку каждой из катушек отдельно; если  $i$  и  $e$  суть переменные величины тока и э. д. силы, то отсчеты А и В дают при этом:

$$A^2 = k_1^2 \int i^2 dt, \quad B^2 = k_2^2 \int e^2 dt,$$

где  $k_1$  и  $k_2$  — постоянные прибора.

Заставляя действовать обе катушки, получим отсчет

$$C^2 = \int (k_1 i + k_2 e)^2 dt = k_1^2 \int i^2 dt + 2k_1 k_2 \int i e dt + k_2^2 \int e^2 dt,$$

откуда

$$m = \frac{\int i e dt}{\int i^2 dt \times \int e^2 dt} = \frac{C^2 - A^2 - B^2}{2AB};$$

это  $m$  и представляет собою отношение истинной энергии в цепи к вычисленной в предположении отсутствия разности фаз между  $i$  и  $e$ ; его можно узнать по трем отсчетам А, В и С, и, как видно из его выражения, оно представляет собою  $\cos$  угла между А и В в треугольнике, образованном сторонами А, В и С. Для случая синусоид это и есть угол запаздывания  $i$  от  $e$ . В случае запаздывания, близкого к  $\frac{1}{4}$  периода ( $m$  очень мало), дадут два отчета С

$$C_1^2 = A^2 + B^2 - 2ABm,$$

$$C_2^2 = A^2 + B^2 + 2ABm.$$

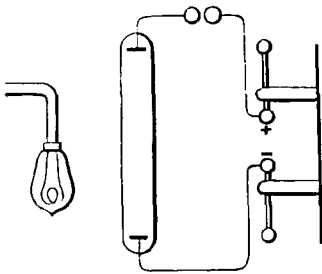
Тогда  $4ABm = C_2^2 - C_1^2$ .

Не лишне заметить, что, если самоиндукция в цепи отвлечения значительна, то измеряется не одно запаздывание, причиняемое самоиндукцией главной цепи, но сложное с запаздыванием от самоиндукции прибора. В приборе г. Рейлея это последнее было настолько ничтожно, что не принималось во внимание.

(Electrician, № 994).

**Движение уголька лампы накаливания.** — Гоффманн описывает родъ явлений, объяснить которые пока еще было бы трудно. Если электрофорная машина с 20-ю дисками разряжается через трубку с весьма совершенной пустою, а вблизи (см. фиг. 49) находится зажженная калильная лампа, то уголек этой последней колеблется при каждом разряде.

Если разряды следуют все быстрее один за другим, размахи уголька делаются меньше и, наконец, уголек останавливается, но зато приобретает особую твердость и стремится сохранить свое положение отно-



Фиг. 49.

онь останавливается, но зато приобретает особую твердость и стремится сохранить свое положение отно-

сительно трубки. При приближении, напр., трубки к лампе, уголек заметно отталкивается.

Впрочем, оказывается ненужною и трубка с пустою. Каким бы образом ни производилось повышение и быстрое падение потенциала, наблюдаются подобия колебания. По объяснению автора, уголек притягивается, электризуясь статическою индукцією, причем его свободный заряд уходит к стѣнкам лампы вследствие нагрѣтаго состоянія уголька (его распыленія?).

**X-мины.** — Фомму казалось, что несъ-лучи производят явление дифракции; теперь это опровергнуто цѣлым рядомъ изслѣдованій и отнесено къ тѣмъ „минамъ“ обь x-лучахъ, которыхъ накопилось уже не мало.

**Аэропланъ, движимый электричествомъ.** — Въ засѣданіи Общества инженеровъ въ Парижѣ 5 февраля 1897 г., А. Бранше дѣлалъ сообщеніе обь „Аэропланѣ, движимомъ электричествомъ“. А. Бранше представилъ модель въ  $\frac{1}{24}$  настоящей величины аэроплана, изобрѣтеннаго г. Людвигомъ. Аппаратъ состоитъ изъ основы продолговатой формы, состоящей изъ стальныхъ трубокъ, ромбонально соединенныхъ. Эта основа, на которой помѣщается аэроплантъ, имѣетъ на своей нижней части электр. двигатель, который приводитъ въ движеніе, помощью полого вала, два винта впереди и два наверху. Эти передачи снабжены эластичными регуляторами системы Бранше, позволяющими измѣнять ихъ скорость и даже останавливать ихъ. Всѣ винты независимы другъ отъ друга. Если разсматривать каждую группу винтовъ, то видно, что крылья винтовъ одной группы наклонены въ обратномъ направленіи съ крыльями винтовъ другой группы и вслѣдствіе ихъ разносторонняго вращенія ихъ работа складывается. Передній винтъ меньше задняго, а верхній меньше нижняго. Наибольшія крылья получаютъ болѣе сильное вращательное движеніе, для того, чтобы увеличить давленіе на воздухъ и, слѣдовательно, увеличить общее дѣйствіе. Вторая часть механизма приводитъ въ движеніе большія крылья съ помощью рычага, прикрѣпленнаго къ передачѣ посредствомъ колѣнчатыхъ ромбовъ, оканчивающихся осью, на концѣ которой помѣщаются крылья. Свободныя мѣста заняты отверстиями съ клапанами. Внизу крыльевъ клапаны закрываются атмосфернымъ давленіемъ, вверху же, наоборотъ, они позволяютъ воздуху проходить изъ верхней части въ нижнюю.

Аэроплантъ, помѣщаясь около двигателя, управляетъ регуляторами и заставляетъ подыматься аэроплантъ вверхъ легкими ударами крыльевъ верхнихъ винтовъ. Передніе винты позволяютъ направлять аэроплантъ по желаемому направленію. Къ аэроплану прикрѣплен киль для равновѣсія. Г. Бранше, кончая свой докладъ, замѣтилъ, что хотя эта модель не представляетъ собою полнаго разрѣшенія вопроса движенія по воздуху чисто механическимъ способомъ, но она показала ему достаточно остроумною и интересною для представления своимъ коллегамъ. Затѣмъ онъ объявилъ, что полные опыты будутъ произведены, когда удастся примѣнить къ этому аппарату легкой двигатель постоянного тока.

(L'Electricien № 322).

**Кожа, какъ телефонный пріемникъ.** — Давно уже обращалось вниманіе изслѣдователей на чувствительность кожи къ слабымъ электрическимъ токамъ. Недавно Мэк-Кендрикъ сравнивалъ чувствительность кожи пальцевъ, опущенныхъ въ сосуды съ 0,75% растворомъ соли, вложенные въ цѣпь телефона, съ чувствительностью телефона. Токи въ этой цѣпи индуцировались первичной катушкой, въ цѣпь которой были включены микрофонъ; передъ микрофономъ звучалъ фонографъ. Пальцы чувствовали ритмъ звуковъ телефона, пока сопротивление цѣпи не увеличили до 12000 омовъ; сопротивление тѣла было около 50000. Телефонъ продолжалъ издавать явственные звуки. Эти опыты показываютъ, что чувствительность кожи далеко уступаетъ телефону, но въ то же время позволяютъ надѣяться, что можно при извѣстномъ навыкѣ различать звуки съ помощью рукъ лицамъ, лишеннымъ чувства слуха.

Объ употребленіи алюминія для выдѣлки электрическихъ проводовъ.—Обыкновенно предполагаютъ, что алюминіемъ, въ виду его большой легкости, было бы выгодно замѣнить мѣдь для выдѣлки воздушныхъ проводовъ, если бы достаточно понизилась цѣна этого металла, и въ письмѣ, напечатанномъ недавно въ *The Electrician*, Лидсѣ утверждаетъ, что для того, чтобы такая замѣна сдѣлалась выгодной, достаточно, что этотъ металлъ стоить немного меньше, чѣмъ вдвое дороже мѣди. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ электропроводность продажнаго алюминія, приблизительно вдвое меньше, чѣмъ мѣди, то для получения одной и той же потери въ линіи надо взять алюминіевый проводъ съ сѣченіемъ вдвое больше, чѣмъ у эквивалентнаго мѣднаго провода, т. е. объемъ алюминія будетъ вдвое больше, чѣмъ мѣди; но такъ какъ съ другой стороны удѣльный вѣсъ алюминія равенъ 2,6, а мѣди—8,8, то у двухъ линій одинаковаго снотротивленія цѣна на единицу длины будетъ одинакова, если

$$8,8 \times C = 2 \times 2,6 \times A,$$

гдѣ С и А — цѣны килограмма мѣди и алюминія. Отсюда

$$\frac{A}{C} = \frac{8,8}{5,2} = 1,7,$$

т. е. для того, чтобы алюминіевая линія была равноцѣнна мѣдной, будучи почти вдвое легче ее, достаточно, если цѣна алюминія будетъ въ 1,7 раза выше цѣны мѣди.

Но въ этомъ, повидимому, совершенно основательномъ расчетѣ не принимается во вниманіе механическое сопротивление матеріала растяженію, что совсѣмъ нельзя упускать изъ вида при устройствѣ воздушныхъ линій. Механическое сопротивление у алюминія не больше, чѣмъ у мѣди, а извѣстно, что послѣдняя недостаточно крѣпка для устройствъ телеграфныхъ или телефонныхъ линій. Правда, что вслѣдствіе вдвое меньшаго вѣса алюминіевой линіи натяженіе будетъ слабѣе, но такъ какъ сѣченіе проволоки должно быть приблизительно вдвое больше, то приобретаетъ больше значенія дѣйствіе вѣтра. Но алюминій можетъ найти себѣ примѣненіе въ телеграфіи и телефоніи не въ видѣ чистаго металла; новѣйшія изслѣдованія показали, что упомянутое сейчасъ затрудненіе можетъ быть устранено примѣненіемъ сплава алюминія-мѣди съ 50% мѣди, у котораго механическое сопротивление такое же, какъ у фосфористой бронзы, и который даетъ возможность строить линіи гораздо легче бронзовыхъ съ тою же проводимостью и почти при тѣхъ же расходахъ. Если теперь вмѣсто голыхъ проводовъ взять случай изолированнаго кабеля съ алюминіевымъ сердечникомъ, какой, какъ предсказываютъ, будетъ употребляться для подводныхъ линій, въ виду его легкости и удобства прокладки, то предыдущій расчетъ окажется невѣрнымъ вслѣдствіе значительнаго увеличенія стоимости изолирующей оболочки, у которой при увеличившемся сердечникѣ поперечное сѣченіе должно быть больше. Дѣйствительно, изъ письма О'Гормэна въ *The Electrician* можно видѣть, что по цѣнамъ кабельныхъ заводовъ алюминій долженъ быть въ 1½ раза дешевле мѣди, чтобы при одинаковомъ электрическомъ сопротивленіи кабель съ алюминіевымъ сердечникомъ былъ равноцѣненъ съ мѣднымъ кабелемъ. Кромѣ того, кабели этого рода представляли бы два слѣдующихъ серьезныхъ неудобства: во-первыхъ, вслѣдствіе увеличенія боковой поверхности провода значительно увеличилась бы электростатическая емкость кабеля и могла бы сдѣлать его непригоднымъ для телеграфіи и телефоніи; во-вторыхъ, уменьшилось бы сопротивление изоляціи,

пропорціональному отношенію  $\frac{D}{d}$ , діаметра изолировки къ діаметру сердечника, такъ какъ уменьшается само это отношеніе.

(L'Éclairage Élé.)

## БИБЛІОГРАФІЯ.

Теоретическій и практическій курсъ электротехники. Ч. I. Основныя свѣдѣнія изъ высшей математики, необходимыя электротехнику. Составилъ П. Д. Войнаровскій. Съ 31 рисункомъ. Сиб. Изд. К. Л. Риккера. 1897. X + 192, стр. in 16°.

Г. Войнаровскій задумалъ составить небывалый еще въ Россіи курсъ электротехники въ 10 выпускахъ, обнимающей все, начиная съ высшей математики и кончая примѣрными цѣнами на матеріалы въ Россіи. „Каждый выпускъ будетъ представлять собою подробную разработку того или другаго вполнѣ самостоятельнаго отдѣла электротехники“.

Пока вышелъ только 1-ый выпускъ, посвященный исключительно математикѣ, а потому по поводу нарождающагося курса можно говорить лишь о роли математики въ электротехникѣ. Удобнѣе всего изложить эту роль словами „предисловія“. Авторъ стоитъ на той вѣрной точкѣ зрѣнія, что для читателя лучше было бы, если бы математики въ техническомъ сочиненіи не было вовсе, если же она есть, приходится объяснять ея необходимость: „...въ настоящее время электротехника усилѣла уже проработать во всѣхъ отрасли промышленности и съ каждымъ днемъ эта наука завоевываетъ все новыя и новыя мѣста“. Всѣ эти новыя примѣненія поставили на очередь болѣе серьезное изученіе переменнаго тока. Тогда какъ для болѣе или менѣе основательнаго ознакомленія съ примѣненіями постоянного тока достаточно сравнительно элементарныхъ свѣдѣній изъ теоріи электричества и магнетизма, не совсѣмъ такъ съ примѣненіями переменнаго тока. Тутъ читателю необходимо заручиться нѣкоторыми вспомогательными свѣдѣніями изъ области математики, необходимыми для того, чтобы разобраться въ чрезвычайно сложныхъ явленіяхъ черембнаго состоянія магнетизма и электричества“.

Итакъ, математика — необходимая пилюля, которую авторъ нашелъ возможнымъ позолотить: „мы постарались изложить весь объемъ свѣдѣній . . . , поступаясь строгими методами и избравъ лишь такіе изъ этихъ послѣднихъ, которые можно признать достаточно точными въ предѣлахъ, заключающихъ намѣченные нами примѣненія. Словомъ, мы изложили основы высшей математики не съ точки зрѣнія чистой и строгой науки, а съ точки зрѣнія чисто практическаго примѣненія ея основъ къ техникѣ вообще“. Мы охотно вѣримъ, что „практика въ дѣлѣ преподаванія“ электротехники доказала автору необходимость математики, но мы знаемъ также, что въ техническихъ институтахъ обыкновенно стараются имѣть преподавателемъ математики спеціалиста, серьезно изучившаго свой предметъ: примѣненіе основъ математики оказывается возможнымъ не послѣ всякаго изложенія ихъ. Намъ авторъ ссылается какъ на свои пособия, на курсъ Полл, а также на записки, собранныя имъ „за время слушанія курса математики въ Марсельскомъ физико-математическомъ факультетѣ“.

Такимъ образомъ пилюля позолочена и съ ручательствомъ не только вѣрнаго, но и скорого дѣйствія. „Весь приведенный выше матеріалъ (т. е. I часть Курса электротехники) изложенъ въ возможно элементарной формѣ и притомъ такъ, чтобы всякій, кто знакомъ съ элементарною математикой въ объемѣ 6-ти классовъ реальныхъ училищъ, могъ бы безъ затрудненія усвоить все вышенерчисленные отдѣлы“. Не малымъ облегченіемъ служить намъ кажется то, что „при выводѣ, основанномъ на одной изъ предыдущихъ статей, указаны номера этихъ послѣднихъ, такъ что читатель безъ затрудненія можетъ припомнить пройденное имъ раньше и тѣмъ самымъ облегчить себѣ значительно разъясненіе послѣдующихъ вопросовъ“.

На 184 стр. авторъ говоритъ такіа заключительныя слова: „Полагаемъ, что свѣдѣнія, которыя мы тутъ сообщили, будутъ вполнѣ достаточны для усвоенія всѣхъ теоретическихъ и практическихъ вопросовъ по электротехникѣ, изложеніе и разборъ которыхъ составятъ предметъ слѣдующихъ выпусковъ“.

Такая обстоятельность словъ автора о цѣлѣхъ книги дѣлаетъ совершенно ненужными похвалы рецензента. Насколько удалось автору достигнѣ своей цѣли, трудно сказать, во-первыхъ, до появленія слѣдующихъ выпусковъ (какъ на самостоятельный курсъ высшей математики, книга г. Войнаровскаго, вѣроятно, не разсчитана), во-вторыхъ, въ виду особой „точки зрѣнія“ учебника г. Войнаровскаго, какою можетъ быть объяснено многое, противъ чего мы имѣли бы что нибудь замѣтить. Но намъ думается, что неудобны и въ техническомъ курсѣ такія мѣста, какъ напр: „Отсюда слѣдуетъ, что, если интегральной функции:  $\int f(x) \cdot dx$  соотвѣтствуетъ функция  $F(x)$ , то такими же (?) функциями будутъ и функции  $F(x) + C$ , гдѣ“ и т. д. Интегрированіе  $\int x^n (y \text{ е } x) \cdot dx$  (стр. 130) не доведено до конца; сказано лишь, что „мы придемъ къ болѣе простому интегралу“. На стр. 152—153 трактуются о частныхъ интегралахъ и общихъ рѣшеніяхъ, причемъ читатель не подготовленъ никакими теоремами о связи между ними. На стр. 153 совѣтъ непонятно, почему мы получимъ *общій* интегралъ, если прибавить къ найденному рѣшенію еще одно, предлагаемое авторомъ синтетически.

**X—лучи Рентгена** и значеніе ихъ для медицины вообще и военной хирургіи въ особенности. Приват-доцента Императорскаго Московскаго Университета, Д-ра Мед. **И. О. Котовича**. Москва. 1897. 36 стр.

Эта брошюрка представляетъ собою отпечатокъ рѣчи, читанной авторомъ въ Штабѣ Московскаго военного округа; она вкратцѣ излагаетъ исторію явленія въ Круксовой трубкѣ и открытія Рентгена, описываетъ способы получения x—лучей (причемъ рекомендуется электрическая машина, какъ болѣе экономичная, чѣмъ катушка Румкорфа) и наконецъ, излагаетъ, чего можно ожидать отъ лучей Рентгена.

Мы можемъ лишь замѣтить, что напрасно авторъ и Гейслерову трубку называетъ Круксовой (стр. 5); что неудобно выраженіе: x—лучи не *преломляются* въ магнитномъ полѣ (стр. 12); магнитное поле вообще не преломляетъ, а искривляетъ лучи. Различіе между *замыкаемымъ* и *размыкаемымъ* (!) токамъ Румкорфовой катушки объясняется тѣмъ, что послѣдній токъ „*протекаетъ быстрее*“. Послѣднія 6 страницъ посвящены авторомъ „сущности x—лучей“. Здѣсь довольно подробно излагаются матеріальная и колебательная теорія x—лучей; невѣрно только показано разстояніе отъ земли до солнца (уменьшено въ 1000 разъ).

*В. Л.*

**Основанія электрохиміи.** Роб. Люпке. Перевель со 2-го дополненаго изданія „*Rob. Lürke. Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis*“ **С. И. Созоновъ**, съ 55 рисунками въ текстѣ. Спб. 1897. 209 стр. in 8°. Цѣна 1 р. 50 к.

На нѣмецкое изданіе этой книги было уже указано въ № 9—10 журн. Эл. за 1896 г., при появленіи перваго изданія ея, такъ что намъ незначѣтъ нынѣ заниматься оцѣнкой и разборомъ ея содержанія. Переводъ сдѣланъ хорошимъ русскимъ языкомъ и читается легко. Особая заслуга переводчика состоитъ въ томъ, что ему прекрасно удалось справиться съ многочисленными новыми терминами, еще не встрѣчавшимися въ русской литературѣ—это первая книга на русскомъ языкѣ по теоретической электрохиміи. За границей первое изданіе разошлось въ теченіе одного года и понадобилось печатаніе втораго; на меньшій успѣхъ можетъ разсчитывать и русской переводъ. Въ виду простоты и общепонятности изложения, можно смѣло рекомендовать „Основанія электрохиміи“ не только химикамъ и физикамъ-теоретикамъ, но и практику гальванопласту и электротехнику.

Въ концѣ книги переводникомъ приведено нѣсколько замѣчаній, касающихся текста и присоединено описаніе прибора Нерста для показанія переноса іоновъ.

Приходится выразить сожалѣніе о томъ, что переводъ изданъ далеко не столь изящно, какъ нѣмецкій оригиналъ.

*Р. Т.*

**Practical Electricity:** a laboratory and lecture course by **W. E. Ayrton**. V. I. Current, pressure, resistance, energy, power and cells. With 247 illustr. *Cassell & Company, Ltd.* London, Paris & Melbourne, 1896 XII + 600 + 43 стр.

**Практическое электричество:** лабораторный и лекціонный курсъ **В. Айртона**. Т. I: токъ, напряженіе, сопротивленіе, энергія, мощность и элементы. Съ 247 чертежами. Изд. Касселя, Лондонъ.

Этотъ курсъ проф. Айртона впервые вышелъ въ свѣтъ 10 лѣтъ тому назадъ и выдержалъ уже 12 изданій. По настоящее изданіе можно разсматривать, какъ совершенно новое сочиненіе, такъ какъ оно „написано заново“; это можно видѣть даже по чертежамъ: изъ 247 рисунковъ 163 новыхъ.

Десять послѣднихъ лѣтъ это достаточно большой срокъ для курса электричества, чтобы потребовать совершенную переработку его, и въ этомъ быстромъ прогрессѣ не мало виноваты и самъ авторъ „Практическаго электричества“. Послѣ переработки курсъ не только измѣнился, но и значительно возросъ; невольно приходится на умъ, какимъ образомъ будутъ укладываться въ головы учениковъ эти все увеличивающіеся курсы: „Электричество“ Айртона въ 600 стр. предназначается для первой половины перваго года техническихъ институтовъ. Возросъ учебникъ не потому, чтобы авторъ имѣлъ въ виду написать „электрической словарь или по-немножку обо всемъ, что только можетъ быть подъ общимъ заглавіемъ: электричество, будь это электрическое ядро, исторія изобрѣтенія телеграфа, сѣверное сіяніе или первичная форма машинъ зрѣнія“, но потому, что то сравнительно немного, что составляетъ содержаніе курса, изложено необыкновенно основательно. Авторъ напоминаетъ, что у людей нѣтъ органа для воспріятія электрическихъ впечатлѣній, а потому ученіе объ электричествѣ должно начинаться такъ, какъ начинается у каждаго съ дѣтства познаніе другихъ явленій природы послѣдовательными испытаніями, введеніями, количественными опытами. Въ курсѣ проф. Айртона такъ детально описанъ весь ходъ обученія, всѣ относящіяся къ дѣлу аналогіи, всѣ приборы (въ большинствѣ случаевъ оригинальные), что отъ прочтенія его могутъ многое вынести и преподающіе.

Въ виду того, что учебникъ предназначенъ для лицъ, готовящихся къ практической дѣятельности, всѣ вводимыя въ изложеніи величины измѣряются въ соответственныхъ единицахъ, при каждой главѣ помѣщены задачи, имѣющія реальный интересъ; приведенъ даже примѣръ освѣтительной сѣти въ квартирѣ; при описаніи элементовъ даны многочисленныя примѣры вычисленія дѣиствительной электрической энергіи, выдѣляемой при томъ или иномъ химическомъ процессѣ.

Электрическія величины выясняются проф. Айртономъ въ такомъ порядкѣ: сперва устанавливается понятіе тока, затѣмъ разности потенциаловъ и наконецъ—сопротивленія \*). Много мѣста удѣляется выясненію мощности тока (ватты). Изъ новинокъ, вводимыхъ авторомъ въ пособія преподаванія, упомянемъ про электро-статическій вольтметръ (съ приведеніемъ стрѣлки на пулю закручиваніемъ подвѣшивающей проволоки), служащій въ курсѣ большую службу, и на новый способъ оберегать электроскопы отъ дѣйствія вѣтшиныхъ электрическихъ зарядовъ. Это достигается проф. Айртономъ не металлическою сѣткою, какъ дѣлается обыкновенно, но съ помощью особаго прозрачнаго проводящаго слоя, для приготовленія котораго авторъ предлагаетъ два рецепта.

Въ концѣ книги приложенъ необыкновенно пространный (43 стр. убористаго текста) указатель именъ и предметовъ, составленный г-жею Айртономъ. Изданіе книги отличается своимъ изяществомъ.

*В. Т.*

\*) Стр. 568—600 посвящены краткой исторіи абсолютной единицы сопротивленія.

## РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

**Полученіе настоящихъ рубиновъ искусствен- нымъ путемъ.**—Многіе промышленники употребляли и употребляютъ минералъ бокситъ въ горячемъ видѣ для производства весьма твердыхъ тѣлъ, служащихъ при фабрикаціи искусственныхъ мельничныхъ жернововъ и точильныхъ камней. Это суррогатъ паксосскаго наждака, который благодаря различнымъ стѣсненіямъ греческаго правительства, оставленъ многими фабрикантами. Послѣ первыхъ опытовъ вмѣсто прожиганія этого минерала стали пробовать плавить его, причемъ получили еще болѣе твердое тѣло, діамантитъ, который есть не что иное, какъ глиноземъ, переплавленный въ электрической печи. Одинъ инженеръ г. Гинъ, дѣлалъ опыты съ глиноземомъ, который, испаряясь въ электрической печи, давалъ густые красные пары, извѣстные еще Муассану, благодаря его опытамъ. Соединяя различные пары съ парами глинозема Гинъ получилъ рубины, но не такимъ образомъ, какъ Фреми, килограммами въ тиглѣ, а сотнями килограммовъ и тоннами. Когда Гинъ представилъ описание своего открытія въ Патентное Бюро въ Берлинѣ, испрашивая привилегію то оно произвело большую сенсацию, и его просили представить образцы полученныхъ рубиновъ, думая, что будутъ представлены какіе нибудь мелкіе кристаллы; но каково было удивленіе когда г. Гинъ прислалъ цѣлый ящикъ матерьяловъ для приготовленія рубина и огромный кусокъ этого минерала.

**Средство для устраненія магнитнаго утомленія сердечниковъ трансформаторовъ.**—Какъ извѣстно \*) почти у всѣхъ трансформаторовъ потери на гистерезисъ увеличиваются съ употребленіемъ ихъ, и такое увеличеніе достигаетъ 25—50% и даже иногда доходитъ до 100%. Оно объясняется молекулярными измѣненіями въ желѣзѣ, подвергающемся быстрымъ измѣненіямъ намагничиванія, и повидному бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ чаще перемѣны тока и чѣмъ больше индукція. Конструкторы трансформаторовъ конечно ищутъ средства для устраненія такого нежелательнаго явленія и этого, кажется, удалось достигнуть фирмѣ General Electric Co., суда по результатамъ официальныхъ испытаній. Секретъ ихъ способа заключается въ крайне кропотливомъ отжигѣ выбираемыхъ съ большою тщательностью желѣзныхъ листовъ для выдѣлки сердечниковъ. Опыты дали слѣдующіе результаты: при обыкновенномъ сердечникѣ потери на гистерезисъ черезъ 80 дней непрерывнаго дѣйствія увеличились на 69%, а при сердечникахъ, обработанныхъ по новому способу, въ одномъ случаѣ потери увеличились только на 4% послѣ 90 дней дѣйствія, а въ другомъ—только на 1,2% послѣ 68 дней, причемъ видъ кривыхъ показывалъ, что дальнѣйшаго увеличенія потерь ожидать нельзя. Такимъ путемъ, можетъ быть, найдутъ такое желѣзо, у котораго потери на гистерезисъ будутъ уменьшаться съ употребленіемъ.

**Подземная телеграфная линія.**—Парижъ и Марсель теперь соединяются телеграфной линіей, которая на всей своей длинѣ проложена подъ землей. Прокладка произведена въ желѣзныхъ трубахъ, зарытыхъ на 1,2 м. въ землю, съ лазами на промежуткахъ въ 1 км. Такая прокладка обошлась въ 35 мил. франк.

**Битое стекло или X-лучи?**—Американскій H. Electrical Review описываетъ слѣдующій случай: одинъ молодой человѣкъ, который былъ битое стекло въ боль-

шихъ количествахъ и утверждалъ, что онъ имъ только и питается, предложилъ докторамъ подвергнуть его изслѣдованію при помощи X-лучей, чтобы посмотреть, какъ дѣйствуетъ его желудокъ. Когда это было исполнено, онъ сталъ утверждать, что доктора повредили его здоровью, и принесъ жалобу на нихъ въ судъ, взыскивая съ нихъ вознагражденіе за причиненное ими разстройство здоровья. Доктора склонны думать, что причиной его нездоровья его странная діета.

**Наблюденіе за электрическимъ освѣщеніемъ въ домахъ во Франціи.**—Образовавшееся годъ тому назадъ Bureau de Controle des Installations Electriques повидному оказывается полезнымъ учрежденіемъ, по крайней мѣрѣ насколько можно судить объ этомъ по недавно опубликованному его годовому отчету. Теперь у него 443 постоянныхъ подпписчика; за годъ осмотрено 850 электрическихъ установокъ, изъ которыхъ у 75% найдены неисправности, оказавшіяся по большей части въ приборахъ. Подвергнуты испытанію 1053 счетчика, изъ которыхъ 24% оказались неисправными.

**Конкуренція между газомъ и электричествомъ.**—Нѣкто „Gas Director“ сообщаетъ въ англійской Gas World свѣдѣнія относительно современнаго состоянія двухъ способовъ освѣщенія въ Англии. Не подлежитъ сомнѣнію фактъ, что снабженіе газомъ увеличивается, несмотря на возрастаніе распространенія электрическаго освѣщенія. Это подтверждается приводимыми здѣсь цифрами, показывающими, сколько газа и электричества продано въ четырехъ большихъ англійскихъ городахъ.

	Газъ въ милліонахъ куб. фут.		Электричество въ килловатт-часъ.	
	1895 г.	1896 г.	1895 г.	1896 г.
Брадфордъ . . . . .	1.440	1.609	673.700	813.600
Брайтонъ . . . . .	896	954	867.500	1.388.800
Манчестеръ . . . . .	3.579	3.646	1.743.200	2.721.900
Эдинбургъ . . . . .	1.213	1.357	888.300	1.724.000

**Утилизированіе волнъ, какъ двигательной силы.**—Г. Моро изобрѣтатель различныхъ помпъ, холодильниковъ и т. и. построилъ аппаратъ для утилизированія волнъ, какъ двигательной силы. Аппаратъ г. Моро представляетъ собою колесо съ лопаточками, подобное колесу колесныхъ пароходовъ, на которое дѣйствуютъ горизонтально волны. Дощечка на шарнирѣ, открывающаяся подъ давленіемъ волнъ и затѣмъ закрывающаяся, препятствуетъ уничтоженію образующейся энергіи. Вода выводится двумя боковыми трубами, закрывающимися особыми затворами на шарнирахъ одинаковаго строенія съ вышепоименованной дощечкой; эти затворы открываются и позволяютъ выйти водѣ но закрываются подъ напоромъ новыхъ волнъ. Гидравлическое колесо приводитъ въ дѣйствіе нѣсколько воздушныхъ насосовъ, питающихъ большой аэрометръ, предназначенный для приведенія въ дѣйствіе различныхъ двигателей посредствомъ сжатого воздуха. Движеніе воздушныхъ насосовъ можетъ быть регулировано соединеніемъ нѣсколькихъ гидравлическихъ колесъ, пускаемыхъ въ ходъ попеременно тѣми же волнами.

\*) См. „Электричество“, № 9—10, стр. 141.