

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Примѣненіе трубки Брауна къ изслѣдованію переменныхъ токовъ.

Читано въ Общемъ Собраніи Русскаго Физико-химическаго Общества 30 декабря 1902 г.

Трубка Брауна представляетъ довольно узкую (2—3 см. діаметромъ) трубку съ значительнымъ расширеніемъ (10—15 см. діаметромъ и 10—30 см. въ длину) на одномъ концѣ. Въ концѣ расширенной части помѣщается перпендикулярно оси трубки пластинка, поверхность которой покрыта флуоресцирующимъ веществомъ (иногда на пластинкѣ наносятся линіи по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ). На противоположномъ узкомъ концѣ трубки, также перпендикулярно оси, помѣщается алюминіевый дискъ. Къ нему ведетъ проволочка, впаянная въ стекло трубки; во время работы ее соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ электрической машины; гдѣ-нибудь въ сторонѣ имѣется вторая проволочка, соединяемая съ положительнымъ полюсомъ. При сильной эвакуаціи, которая достигнута въ трубкѣ, изъ алюминіеваго диска выходитъ такъ называемый Круксовъ потокъ, направляющійся вдоль оси трубки. Одной или двумя діафрагмами, впаянными внутрь узкой части трубки, выдѣляется центральная часть Круксова потока. Проходя въ расширеніе трубки и падая на флуоресцирующий экранъ, онъ даетъ маленькое голубое пятнышко.

Круксовъ потокъ имѣетъ свойство отклоняться подѣ дѣйствіемъ магнитнаго поля, подобно тому, какъ отклоняется проводникъ съ токомъ. Напр., когда трубка расположена горизонтально, а магнитное поле имѣетъ вертикальное направленіе, потокъ отклоняется въ горизонтальномъ направленіи, перпендикулярномъ обоимъ предыдущимъ, и пятно на экранѣ смѣщается вправо или влѣво, смотря по направленію поля; если же и магнитное поле имѣетъ горизонтальное направленіе, то пятно смѣщается вверхъ или внизъ. Смѣщеніе можно считать пропорциональнымъ напряженію отклоняющаго поля. Если напряженіе поля съ теченіемъ времени мѣняется величину, то и величина смѣщенія пятна будетъ измѣняться, причемъ разстояніе пятна отъ нормального положенія можно считать пропорцио-

нальнымъ напряженію поля, существующему въ данный моментъ *).

Часто магнитное поле создается катушками изъ проволоки, по которой пропускается токъ. Очевидно, при этомъ отклоненіе пятна слѣдуетъ считать во всякій моментъ времени пропорциональнымъ силѣ тока, создающаго поле и проходящаго по проволокѣ катушки въ данный моментъ. Вслѣдствіе этого трубка Брауна можетъ быть употреблена для изученія измѣняющихся токовъ. Особенный практический интересъ представляетъ изученіе т. н. переменныхъ токовъ.

Въ техникѣ переменнаго тока играютъ выдающуюся роль три обстоятельства: гистерезисъ, сдвигъ фазъ и полученіе вращающагося поля. Разсмотримъ въ отдѣльности каждое изъ нихъ.

I.

Приборы переменнаго тока содержатъ обыкновенно желѣзныя части, подвергающіяся безпрерывному перемагничиванію. Степень намагниченія характеризуется особою физической величиной, именуемою напряженностью (I), которая, въ свою очередь, зависитъ отъ напряженія намагничивающаго поля (F). Обыкновенно эту зависимость считаютъ простою пропорциональною, т. е. изображаютъ ее математической формулой:

$$I = \chi F.$$

Коэффициентъ пропорциональности χ , стоящій въ этой формулѣ, есть какъ бы показатель способности разсматриваемаго вещества намагничиваться и называется магнитною восприимчивостію.

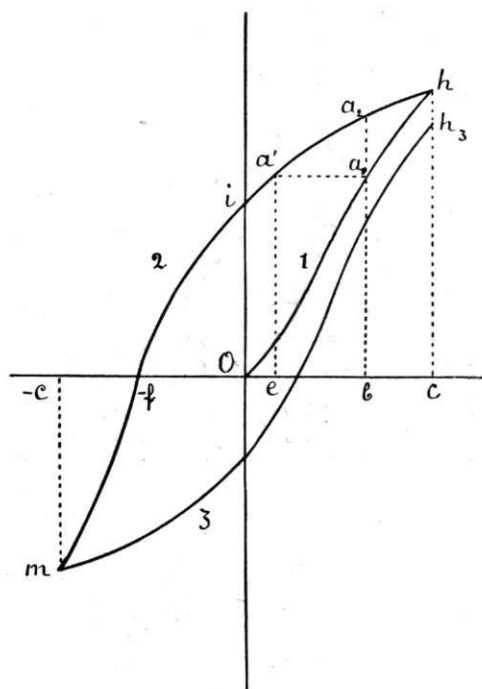
Однако, выраженіе «напряженность намагниченія пропорциональна напряженію намагничивающаго поля» есть только *façon de parler*, потому что коэффициентъ χ не представляетъ постоянной величины, вполне опредѣляемой веще-

*) Потокъ Крукса разсматривается, какъ потокъ мельчайшихъ матеріальныхъ частичекъ, наэлектризованныхъ отрицательно. Имѣя ничтожные размѣры, эти частички должны обнаруживать незначительную инертность, а, слѣдовательно, почти мгновенно подчиняться отклоняющему дѣйствию поля; поэтому трубка Брауна представляетъ идеальный приборъ въ томъ отношеніи, что пятно слѣдитъ математически точно за всѣми измѣненіями магнитнаго поля, сколь бы быстро они ни происходили.

ствомъ и его агрегатнымъ состояніемъ. Напротивъ, онъ зависитъ также отъ напряженія намагничивающаго поля, а потому о настоящей пропорціональности между двумя указанными величинами не можетъ быть и рѣчи.

Желая выразить эту зависимость графически, условимся откладывать въ какомъ либо масштабѣ на горизонтальной оси (абсциссы) значеніе величины F , а на вертикальной оси (ординаты) значеніе величины I .

Предположимъ, что вначалѣ, какъ величина F , такъ и величина I , равны нулю. По мѣрѣ того, какъ увеличивается F , возрастаетъ и I , но возрастаніе его неравномѣрно. Какъ показываетъ кривая 1 фиг. 1, возрастаніе I вначалѣ нѣсколько слабѣе, затѣмъ идетъ очень быстро, а



Фиг. 1.

потомъ вновь ослабляется. Повидимому, при безграничномъ увеличеніи напряженія намагничивающаго поля, напряженность намагниченія стремится къ нѣкоторому предѣлу, какъ говорятъ, къ насыщенію. Коэффициенту χ на фиг. 1 соотвѣтствуетъ отношение ординаты разсматриваемой точки кривой къ ея абсциссѣ. Напр., при напряженіи поля, измѣряемомъ абсциссой Ob , напряженность намагниченія измѣряется ординатой a_1b , а коэффициентъ χ —отношеніемъ $\frac{a_1b}{Ob}$. Ясно, что при безграничномъ увеличеніи напряженія поля, это отношеніе стремится къ нулю.

Сказанное не исчерпываетъ сложной зависимости, существующей между I и F . Оказывается, что, если, дойдя до напряженія поля, выражаемаго какою-нибудь абсциссой Oe , мы прекратимъ дальнѣйшее увеличеніе и начнемъ уменьшать напря-

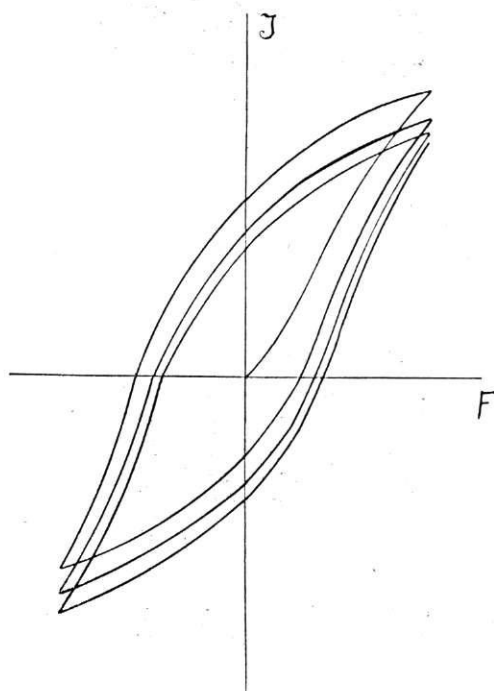
женіе поля, переходя вновь черезъ прежнія значенія до нуля, то не получимъ уже прежнихъ напряженностей намагниченія. Последнія, хотя и будутъ уменьшаться, но отставая отъ напряженія поля. Напр., когда напряженіе поля уменьшится до величины, выражаемой абсциссой Ob , напряженность намагниченія тоже уменьшится, но не до величины a_1b , а до величины a_2b . До величины $a'e$ равной a_1b уменьшится она только тогда, когда напряженіе поля ослабнетъ до величины Oe . При дальнѣйшемъ ослабленіи поля, напряженность намагниченія продолжаетъ отставать отъ него. Напр., когда напряженіе поля дойдетъ до нуля, напряженность намагниченія понизится только до величины iO (т. н. остаточный магнетизмъ). До нуля она упадетъ только тогда, когда мы сбѣдемъ напряженіе поля отрицательнымъ и равнымъ величинѣ $-Of$. Затѣмъ и напряженность намагниченія перемѣнитъ знакъ, но, отставая все время отъ напряженія поля, она не достигнетъ величины равной $-hc$, а доростетъ только до величины $-mc$, численно меньшей $-hc$, когда напряженіе поля спустится до величины $-Oc$. Весь разсмотрѣнный ходъ измѣненія намагниченія изображенъ на фиг. 1 кривою 2.

Измѣняя снова напряженіе поля отъ величины $-Oc$ до нуля и дальѣ до Oc , мы замѣтимъ снова отставаніе напряженности намагниченія. Измѣненія напряженности намагниченія изобразятся кривою 3, не совпадающей ни съ одной изъ двухъ разсмотрѣнныхъ кривыхъ. Разсматривая кривую 3, мы видимъ, что, когда напряженіе поля дойдетъ до нуля, въ намагничиваемомъ тѣлѣ будетъ остаточный магнетизмъ обратнаго направленія и численно неодинаковый съ прежнимъ; когда же напряженіе поля доростетъ до максимальной величины Oc , напряженность намагниченія увеличится до величины h_3c , меньшей, чѣмъ hc . Если мы вновь станемъ измѣнять напряженіе поля, переводя его черезъ тѣ же значенія, что и раньше, или какимъ бы то ни было другимъ образомъ, то получимъ для напряженности намагниченія кривыя, во всякомъ случаѣ не совпадающія ни съ одной изъ предъидущихъ.

Изъ изложеннаго видно, что зависимость напряженности намагниченія I и магнитной восприимчивости χ отъ напряженія поля F не только очень сложна, но и не представляетъ однозначной функціи; строго говоря, каждому данному значенію F соотвѣтствуетъ безчисленное множество значеній I и χ ; какое изъ этого ряда безчисленныхъ значеній будетъ соотвѣтствовать заданной величинѣ напряженія поля въ каждомъ частномъ случаѣ, зависитъ оттого, какого рода намагниченію подвергался изслѣдуемый образецъ до опыта. Напр., при напряженіи поля равномъ Ob , можетъ получиться напряженность намагниченія равная a_1b , a_2b или какой либо другой величинѣ, смотря по тому, находится ли напряженіе поля въ фазѣ возрастанія или убыванія,

а также и въ зависимости отъ того, сколько разъ вещество уже подвергалось перемагниченію. Существуетъ какъ бы законъ наслѣдственности, согласно которому предъидущая магнитная исторія данного образчика налагаетъ свой отпечатокъ на магнитныя свойства.

Въ виду того, что эти предъидущія состоянія могутъ быть крайне разнообразны, самое понятіе о магнитныхъ свойствахъ вещества утратило бы свой ясный и опредѣленный смыслъ, если бы вліяніе этого закона наслѣдственности отражалось безъ ослабленія при всѣхъ послѣдующихъ намагниченіяхъ. На дѣлѣ этого нѣтъ; вліяніе предшествующихъ состояній обнаруживается тѣмъ ощутительнѣе, чѣмъ ближе стоятъ они къ разсматриваемому процессу намагниченія. Поэтому, если заставить данный образецъ проходить неопредѣленно долго одинъ и тотъ же циклъ



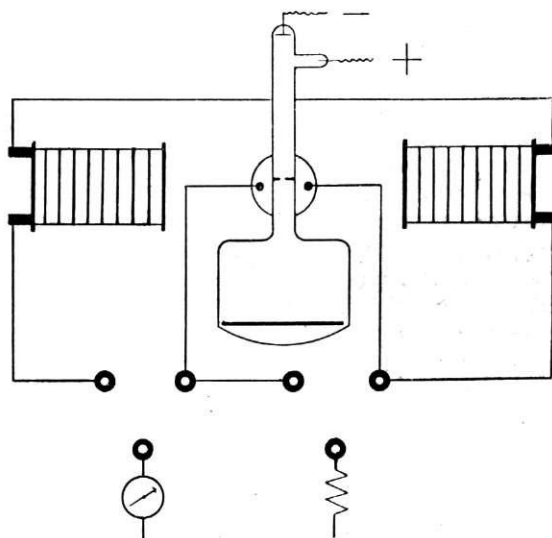
Фиг. 2.

намагниченія (напр., все время мѣняя напряженіе поля въ предѣлахъ отъ $+F$ до $-F$ и наоборотъ), то въ концѣ концовъ каждому слѣдующему циклу будетъ соответствовать одна и та же предъидущая магнитная исторія, а значить, при прохожденіи такого ряда цикловъ, магнитныя свойства будутъ стремиться къ нѣкоторымъ предѣльнымъ значеніямъ. Какъ показываетъ фиг. 2, каждая кривая слѣдующаго цикла отличается отъ соответствующей кривой предшествующаго цикла все меньше и меньше. Практически можно считать, что, по прошествіи 10—20 цикловъ, вещество приходитъ въ установившееся состояніе, и магнитныя свойства его дѣлаются совершенно опредѣленными. Кривая, выражающая эти предѣльныя свойства, обычно

называется кривою гистерезиса, соответствующею данному циклу, напр., предѣльная кривая фиг. 2 есть кривая гистерезиса при переменномъ намагниченіи.

Для полноты необходимо добавить, что кривая гистерезиса зависитъ еще отъ величины промежутковъ времени, втеченіе которыхъ проходятъ отдѣльныя части цикла. Если заставить тотъ же образецъ проходить прежній циклъ намагниченія, но болѣе быстро, или иначе распределить во времени прохожденіе отдѣльныхъ частей цикла, то кривая гистерезиса получится нѣсколько иного вида. Во всякомъ случаѣ эту поправку мы будемъ считать второстепенною, тѣмъ болѣе, что общепринятая у насъ частота переменныхъ токовъ обыкновенно всегда бываетъ около 50 *).

Для изученія гистерезиса при помощи трубки Брауна слѣдуетъ составить схему, изображенную на фиг. 3. Около трубки располагаются три катушки. Одна изъ нихъ помѣщается вертикально, выше или ниже трубки; токъ, идущій по ней, сообщаетъ пятну горизонтальное движеніе. Двѣ другія катушки помѣщаются горизонтально, по



Фиг. 3.

обѣ стороны трубки, такъ что токи, идущіе по нимъ, сообщаютъ пятну вертикальное движеніе. Но обѣ эти катушки соединяются дифференціально, т. е. такъ, что дѣйствіе, производимое на пятно первой катушкой, ослабляетъ дѣйствіе на него второй катушки. Благодаря этому, можно поставить трубку въ такое положеніе, что дѣйствія горизонтальныхъ катушекъ взаимно уничто-

*) Не слѣдуетъ считать, что магнитныя свойства обладаютъ исключительно столь сложною зависимою. Явленіе гистерезиса можно наблюдать по отношенію къ діэлектрической постоянной въ стеклѣ и въ другихъ твердыхъ изоляторахъ. Этимъ и объясняется существованіе остаточныхъ зарядовъ въ лейденскихъ банкахъ. Очень можетъ быть, что съ подобнымъ же явленіемъ мы имѣемъ дѣло при изученіи проводимости газовъ.

жаты, но если въ одну изъ нихъ вложить образчикъ изслѣдуемаго вещества, то послѣдній, намагничиваясь, вызоветъ движеніе пятна по вертикальному направленію. Отклоненіе пятна отъ нормальнаго положенія будетъ во всякій моментъ времени пропорціонально напряженности намагниченія изслѣдуемаго образчика, — оно соотвѣтствуетъ ординатамъ кривой гистерезиса.

Горизонтальное отклоненіе пятна, вызываемое третьей катушкой, будетъ во всякій моментъ пропорціонально силѣ тока, въ ней идущаго. Такъ какъ всѣ три катушки входятъ въ схему послѣдовательно, то тотъ же самый токъ, который, проходя по третьей катушкѣ, даетъ горизонтальное движеніе пятна, вызываетъ и намагниченіе образчика. Значитъ, горизонтальное отклоненіе пятна будетъ во всякій моментъ времени пропорціонально напряженію поля, намагничивающаго этотъ образчикъ, — это будутъ абсциссы кривой гистерезиса.

Ясно, что, пустивъ токъ одновременно во всѣ три катушки, мы заставимъ пятно совершать такое движеніе, при которомъ во всякій моментъ времени ордината и абсцисса пятна будутъ пропорціональны ординатѣ и абсциссѣ соотвѣтствующей точки кривой гистерезиса, — на флуоресцирующемъ экранѣ получится сама кривая гистерезиса, какъ бы начерченная въ нѣкоторомъ масштабѣ.

Схема, приведенная на фиг. 3, позволяетъ пустить токъ или во всѣ три катушки послѣдовательно, или въ двѣ боковыхъ, или только въ одну третью катушку, наконецъ, замкнуть его помимо всѣхъ катушекъ. Благодаря этому, можно легко убѣдиться въ полной исправности установкѣ. Каждая катушка должна быть поставлена перпендикулярно трубкѣ такъ, чтобы ея ось пересѣкала ось трубки на нѣсколько миллиметровъ впереди послѣдней діафрагмы. Толщину проволоки и число оборотовъ ея приходится брать въ соотвѣтствіи съ токами, при которыхъ предполагаютъ работать.

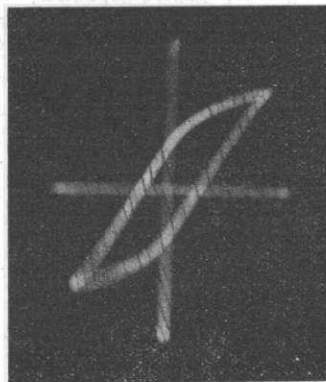
Свѣтъ флуоресценціи, испускаемый экраномъ, настолько активенъ, что кривая можетъ быть сфотографирована безъ малѣйшихъ затрудненій. При этомъ установка камеры на фокусъ должна быть произведена заранѣе, по какому-нибудь рѣзко очерченному предмету, напр., по пламени свѣчи, а затѣмъ камера ставится впереди трубки на соотвѣтствующемъ разстояніи.

Фиг. 4 и 5 сдѣланы съ фотографій, снятыхъ вышеописаннымъ способомъ. Первая кривая представляетъ гистерезисъ въ твердой стали, изъ которой изготовляются напилки; вторая соотвѣтствуетъ гистерезису желѣза довольно дурного качества.

Фотографируя безъ увеличенія на пластинкахъ Варнерке средней чувствительности и питая трубку Брауна отъ электрической машины съ двумя подвижными кругами діам. около 60 см., приходится экспонировать пластинку для полу-

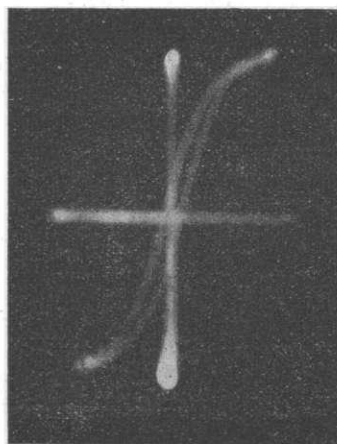
ченія самой кривой втеченіе одной минуты, для полученія осей координатъ — 10 секундъ.

Къ изложенному необходимо добавить слѣдующее замѣчаніе. При вычерчиваніи кривой гистерезиса, на оси абсциссъ слѣдуетъ откладывать не просто величины напряженія поля, создаваемого намагничивающимъ токомъ, а нужно



Фиг. 4.

каждый разъ уменьшать ихъ на значеніе т. н. размагничивающей силы. Приборъ не дѣлаетъ этой поправки автоматически, а потому ея слѣдуетъ принимать во вниманіе отдѣльно.



Фиг. 5.

II.

Работа (W), производимая втеченіе единицы времени проходящимъ по цѣпи постояннымъ токомъ, измѣняется произведеніемъ изъ электродвижущей силы (E) на силу тока (i), или какъ принято выражаться, ватты, доставленные въ цѣпь, равны произведенію вольтъ на амперы.

$$W = E \cdot i.$$

Въ случаѣ переменнаго тока, электродвижущая сила не остается постоянной, а непрерывно измѣняется отъ нуля до нѣкоторой максимальной величины, снова до нуля, затѣмъ до такой

же величины въ обратную сторону, опять до нуля и т. д. Сила тока также колеблется синхронно съ электродвижущей силой, но при этомъ могутъ быть слѣдующіе случаи.

Колебания силы тока и электродвижущей силы могутъ происходить такъ, что положительныя максимальныя значенія одной изъ нихъ совпадаютъ по времени съ положительными максимальными значеніями другой; точно также отрицательныя максимальныя значенія одной величины совпадаютъ съ максимальными отрицательными значеніями другой. Какъ принято выражаться, сила тока и электродвижущая сила при этомъ совпадаютъ по фазамъ. Но можетъ случиться, что такого соответствія нѣтъ, т. е. положительное максимальное значеніе силы тока достигается нѣсколько позже или нѣсколько раньше, чѣмъ имѣетъ мѣсто положительное максимальное значеніе электродвижущей силы; то же самое будетъ тогда и относительно отрицательныхъ максимумовъ. Въ такомъ случаѣ говорятъ, что сила тока и электродвижущая сила расходятся по фазамъ. Отношеніе величины промежутка времени, проходящаго между двумя сосѣдними положительными максимумами силы тока и электродвижущей силы къ величинѣ полного періода колебанія тока называется сдвигомъ фазъ; обыкновенно сдвигъ фазъ выражаютъ въ доляхъ окружности (т. е., указанное отношеніе умножаютъ на 2π). Этотъ случай болѣе общій, такъ какъ предъидущій случай, когда нѣтъ расхожденія фазъ, можно считать частнымъ и получить изъ послѣдняго, полагая сдвигъ фазъ равнымъ нулю.

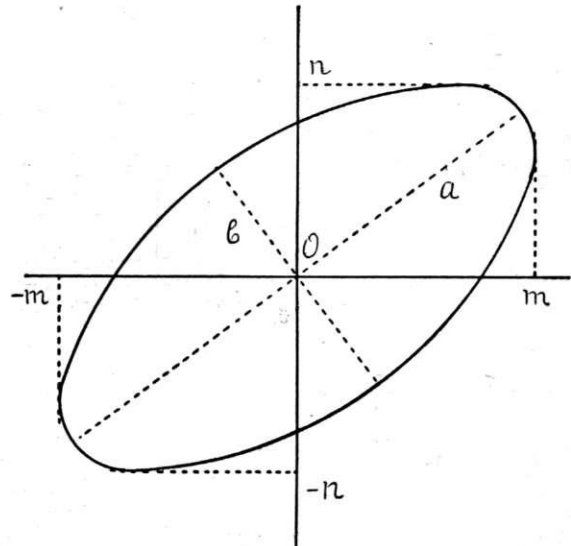
Сдвигъ фазъ не остается безъ вліянія на работу тока. Теоретически выводится, что работа переменнаго тока выражается произведеніемъ изъ величины электродвижущей силы, показываемой вольтметромъ переменнаго тока (это т. н. дѣйствующіе вольты E_e) на величину силы тока, показываемую амперметромъ переменнаго тока (это т. н. дѣйствующіе амперы i_e), и на косинусъ сдвига фазъ.

$$W = E_e \cdot i_e \cdot \cos \varphi.$$

Наблюденіе дѣйствующихъ вольтъ и амперъ не представляетъ затрудненій; наблюденіе же сдвига фазъ, вообще говоря, болѣе затруднительно. Однимъ изъ способовъ обнаружить и измѣрить его является употребленіе трубки Брауна.

Измѣреніе сдвига фазъ основывается на сложении двухъ колебательныхъ движеній. Представимъ себѣ, что какая-нибудь точка вынуждена производить одновременно два синхронныхъ колебанія: одно по горизонтальной, другое по вертикальной линіи. Результатомъ сложенія этихъ двухъ движеній получится движеніе по какой-нибудь замкнутой кривой линіи. Если имѣемъ дѣло съ наиболѣе простыми колебательными движеніями, т. е. съ т. н. гармоническими или синусоидальными, то теоретически

легко доказать, что результатомъ ихъ сложенія будетъ или движеніе по прямой линіи (когда сдвига фазъ нѣтъ), или движеніе по эллипсу, когда существуетъ сдвигъ фазъ. Размѣры эллипса зависятъ главнымъ образомъ отъ величины сдвига фазъ составляющихъ его колебаній, а наклонъ большой оси эллипса къ осямъ координатъ обусловленъ больше всего отношеніемъ величинъ размаховъ или, какъ говорятъ, амплитудъ Om и On (фиг. 6) этихъ колебаній. Въ частности, когда обѣ амплитуды Om и On равны, наклонъ полученной прямой или наклонъ боль-



Фиг. 6.

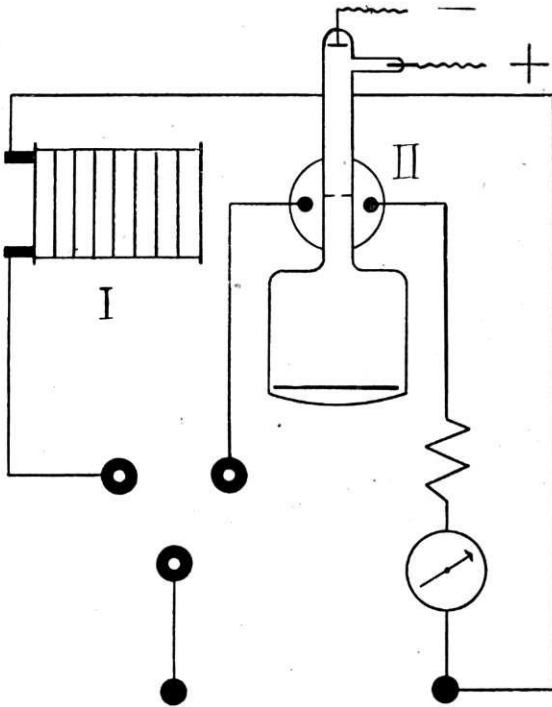
шой оси эллипса становится равнымъ 45° , а отношеніе длины малой оси эллипса (b) къ длинѣ его большой оси (a) равно тангенсу половиннаго угла сдвига.

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{b}{a}.$$

Для того, чтобы примѣнить высказанное соображеніе къ измѣренію сдвига фазъ при переменномъ токъ, устраивается схема, показанная на фиг. 7.

Возлѣ трубки Брауна располагаются двѣ катушки I и II. Катушка I имѣетъ весьма много оборотовъ тонкой проволоки. Она питается токомъ непосредственно отъ зажимовъ станціи и, представляя какъ бы вольтметръ, не оказываетъ замѣтнаго вліянія на токъ главной цѣпи. Катушка II, согласно схемѣ, вводится непосредственно въ изслѣдуемую цѣпь, для чего она и должна состоять изъ небольшого числа оборотовъ проволоки достаточной толщины. При небольшомъ числѣ оборотовъ она играетъ роль амперметра и также мало измѣняетъ распределеніе вольтъ въ главной цѣпи. Первая катушка помѣщается горизонтально, а, слѣдовательно, подъ дѣйствіемъ переменнаго тока, проходящаго по ней, пятно совершаетъ колебанія по верти-

кальной линии. Вторая катушка помещается вертикально, а, следовательно, заставляет пятно совершать горизонтальные колебания. Пропуская токъ одновременно въ обѣ катушки, мы дадимъ пятну, вообще говоря, движеніе по эллипсу. Подвигая одну изъ катушекъ, напр., катушку I, легко достигнуть того, что размахи въ горизонтальномъ и вертикальномъ направленіяхъ будутъ одинаковы. Тогда, измѣривъ длину большой и



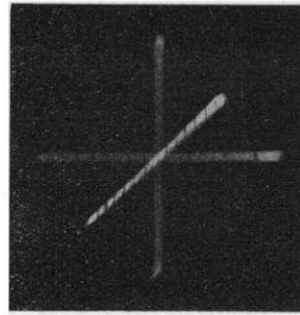
Фиг. 7.

малой осей эллипса, мы получимъ сдвигъ фазъ по вышеприведенной формулѣ. Токъ, проходящій въ катушкѣ II, представляетъ амперы главной цѣпи; если сопротивление катушки I очень велико, сравнительно съ ея коэффициентомъ самоиндукціи, то токъ, идущій въ ней, не отстаетъ по фазѣ отъ электродвижущей силы. При этихъ условіяхъ, отношеніе осей эллипса даетъ намъ точно тангенсъ половины угла сдвига вольтъ и амперъ въ главной цѣпи. Если же сопротивление катушки I не слишкомъ велико, сравнительно съ ея коэффициентомъ самоиндукціи, то токъ, идущій въ ней, въ свою очередь отстаетъ отъ электродвижущей силы. Очевидно, что при этомъ величина сдвига получится не вполне правильною. Зная величину сопротивления и коэффициентъ самоиндукціи катушки I, не трудно сдѣлать соответствующую поправку.

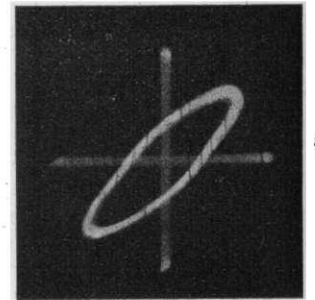
Получаемая при этомъ кривыя могутъ быть сфотографированы такъ же точно, какъ фотографируются кривыя гистерезиса. Фиг. 8, 9, 10 и 11 сдѣланы съ подобныхъ фотографій. Мы видимъ на нихъ первый случай (8), когда въ цѣпи нѣтъ сдвига фазъ, случай (9), когда въ

главной цѣпи помещена довольно большая самоиндукція, случай (10), когда эта самоиндукція значительно увеличена вставленіемъ желѣзнаго сердечника и случай (11), когда въ цѣпи имѣется разрывъ, концы котораго присоединены къ обкладкамъ конденсатора значительной емкости.

Обыкновенно переменный токъ не имѣетъ строго синусоидальной формы. Вслѣдствіе этого получаемыя на экранѣ кривыя уклоняются отъ



Фиг. 8.

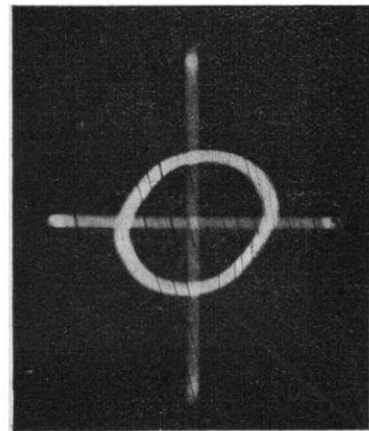


Фиг. 9.

правильнаго эллиптического вида, что легко замѣтить на приложенныхъ рисункахъ.

III.

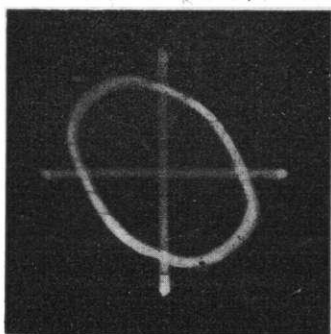
Выше было упомянуто, что сложеніе двухъ гармоническихъ колебательныхъ движеній даетъ, вообще говоря, движеніе по эллипсу. Въ частномъ случаѣ, когда амплитуды колебаній равны, а сдвигъ фазъ равняется 90° , получится движе-



Фиг. 10.

ніе по кругу. Подобнымъ же образомъ сложеніе трехъ гармоническихъ колебательныхъ движеній можетъ дать круговое движеніе, когда амплитуды всѣхъ колебаній равны, а фазы сдвинуты на 120° . Если создать магнитное поле посредствомъ трехъ катушекъ съ переменными токами, сдвинутыми относительно другъ друга на 120° , то магнитъ или проводникъ съ токомъ,

помѣщенный въ это поле, обнаружить стремление вращаться по опредѣленному направленію. Такая система токовъ носить обыкновенно названіе трехфазнаго тока, а магнитное поле, получаемое посредствомъ нея, называется вращающимся магнитнымъ полемъ. Обширное распространение, которое получилъ за послѣднее время трехфазный токъ, объясняется именно той легкостью, съ которой онъ даетъ вращающееся магнитное поле, а слѣдовательно и позволяетъ превращать электрическую энергію въ движеніе. Чѣмъ правильнѣе полученное вращающееся поле, тѣмъ ровнѣе идетъ трехфазный электродвигатель, тѣмъ меньше безполезная трата энергіи. При помощи трубки Брауна весьма легко изслѣдовать правильность поля. Для этой цѣли около



Фиг. 11.

трубки помѣщаютъ три совершенно одинаковыхъ катушки; оси ихъ должны быть перпендикулярны трубкѣ и пересѣкаться на оси послѣдней подъ углами въ 120° , а проволока должна быть такой толщины, чтобы позволяла безопасно ввести каждую катушку въ соответствующую вѣтвь изслѣдуемаго трехфазнаго тока. При замыканіи цѣпи, пятно приходитъ во вращеніе, и отклоненія движенія отъ круговой формы показываютъ наглядно всѣ неправильности поля.

Въ заключеніе позволю себѣ добавить, что описанные опыты не являются существенно новыми, но примѣненіе трубки Брауна столь мало распространено (повидимому ею пользуются только для лабораторныхъ опытовъ), что не будетъ безполезно обратить на нее лишній разъ вниманіе техниковъ.

Считаю пріятнымъ долгомъ выразить благодарность К. Ф. и М. Ф. Шульцамъ за любезную помощь, оказанную ими при фотографированіи описанныхъ явленій.

А. Петровскій.

Кронштадтъ. Минный офицерскій классъ.

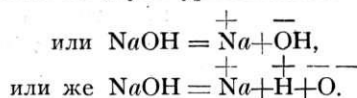
Обзоръ прикладной электрохиміи и электрометаллургіи за 1902 годъ.

Статья Л. Гурвича.

(Окончаніе)*.

Электрометаллургія.

Щелочные и щелочноземельные металлы. Металлическій натрій, имѣющій важное техническое значеніе для производства синеродистыхъ солей, натрій-амида (NaNH_2) и т. д., получается въ настоящее время главнымъ образомъ по способу Кастнера, электролизомъ расплавленнаго фдкаго натра. Несмотря на то, что этотъ способъ извѣстенъ уже довольно давно, механизмъ лежащей въ его основѣ реакціи оставался до прошлаго года невыясненнымъ. Дѣйствительно, электролитическое разложеніе фдкаго натра мыслимо по двумъ уравненіямъ:



Вопросъ о томъ, по какому изъ этихъ уравненій совершается электролизъ на самомъ дѣлѣ, имѣетъ не только теоретическій, но и практический интересъ, такъ какъ одно и то же количество электрическаго тока выдѣляетъ въ первомъ случаѣ вдвое больше металлическаго натрія, чѣмъ во второмъ. Этотъ вопросъ можетъ теперь считаться выясненнымъ благодаря работамъ Ле-Блана и Броде**). При электролизѣ расплавленнаго фдкаго натра, содержащаго гидратную воду, наблюдаются двѣ точки разложенія („Zersetzungspunkte“): при 1,1 и 2,2 вольта. Первой изъ нихъ отвѣчаетъ выдѣленіе кислорода и водорода, второй—кислорода и натрія. Выходъ кислорода никогда не бываетъ количественнымъ, т. е. отвѣчающимъ закону Фарадея; количество же водорода при напряженіи ниже 2,2 вольта, пока не выдѣляется натрія, отвѣчаетъ этому закону. При электролизѣ вполнѣ обезвоженнаго фдкаго натра наблюдается только вторая точка разложенія, т. е. въ 2,2 вольта, и выдѣляется только натрій, безъ водорода. Если къ обезвоженному расплавленному фдкому натру прибавленъ металлическій натрій, то при высокой анодной плотности тока у анода вмѣстѣ съ кислородомъ выдѣляется водородъ; водородъ можетъ здѣсь выдѣляться только дѣйствіемъ натра на воду, а послѣдняя можетъ образоваться только изъ выдѣляемыхъ токомъ ионовъ гидроксидовъ: $2\text{OH} = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$; $\text{H}_2\text{O} + \text{Na} = \text{NaOH} + \text{H}$. Такимъ образомъ изъ всѣхъ этихъ наблюденій слѣдуетъ заключить, что электролизъ обезвоженнаго фдкаго натра совершается только по урав-

ненію $\text{NaOH} = \overset{+}{\text{Na}} + \overset{-}{\text{OH}}$. — Тѣ-же авторы изслѣдовали электролизъ расплавленнаго фдкаго кали***) и обнаружили также двѣ точки разложенія. Но электролизъ фдкаго кали представляетъ ту особенность, что выдѣляемый токкомъ кислородъ легко поглощается самимъ плавомъ, вѣроятно вслѣдствіе образованія перекиси калия K_2O_2 . Поэтому (а также вслѣдствіе болѣе сильнаго разрушающаго дѣйствія фдкаго кали на металлы) не удается получать калий технически по способу Кастнера.

Нѣсколько новыхъ работъ и патентовъ посвящены электролитическому полученію кальція (и стронція). До сихъ поръ, какъ извѣстно, полученіе этихъ металловъ было связано съ довольно большими за-

*) См. Электричество с. г., № 15—16, стр. 212.

**) Le-Blanc и Brode, Zt. f. Elektrochemie 1902, стр. 697 и 717.

***) Ibid. стр. 817.

трудностями, истекавшими главным образом из того, что употреблявшийся для электролиза соли обладали слишком высокой температурой плавления. О. Рурф и Плато *) употребляют по этому в качестве электролита смесь из 100 частей безводного хлористого кальция и 16,5 ч. плавикового шпата (фтористого кальция); эта смесь, уд. в. 2,48, плавится при 660°. Анодом служит уголь. Получается металлический кальций с содержанием 99,2—99,3% Ca, уд. в. 1,59, чисто белого цвета, немного тверже свинца, точка плавления 780°; все эти свойства близко подходят к тем, какие Муассань нашел в чистом кальции, полученном химическим путем.— Электролитическое получение кальция описывают также К. Арндт **) и Борхерс ***)

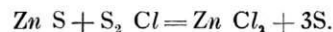
Алюминий. Наибольший крупный производитель алюминия в мире, Pittsburgh Reduction Co, описывает два способа рафинации или самого металла, или же материала, из которого он добывается — боксита. Боксит (или другой материал, содержащий глинозем) нагревается в электрической печи вместе с углем, пропорция которого отвечает содержанию в материале окисей железа, кремния и титана. Уголь восстанавливает эти окисы с образованием сплава железа, кремния и титана; для того чтобы этот сплав был достаточно легкоплавким, он должен содержать в себе определенную пропорцию железа; поэтому если сырой боксит содержит меньше железа, чем отвечает этой пропорции, то к нему прибавляется железо в виде металла или окиси. Нагревание ведется сперва осторожно, так чтобы масса не плавилась, а оставалась пористой и оставляла свободный выход развивающимся газом. По окончании восстановления нагревание усиливается, масса плавится и сплавленный боксит отделяется от жидкого сплава железа, кремния и титана ****). Для рафинации металлического алюминия Pittsburgh Reduction Co употребляет его в качестве анода в сплавленной смеси фтористого алюминия и фтористого калия или натрия: на катоде выделяется чистый алюминий, примеси остаются в растворе ****).

Цинк. Интересные работы над получением цинка из его различных руд при помощи электричества были произведены в электрометаллургической лаборатории Аахенского технологического института под руководством проф. В. Борхерса *****). В практическом отношении наиболее интересен способ Дорземагена извлечения цинка из руд богатых кремнеземом, а также из огарков колчеданов, содержащих цинковую обманку. Первого рода руды смешиваются с углем и обрабатываются в электрической печи; цинк отгоняется и получается непосредственно конденсацией паров, кремний остается в виде своего карбида (карборунд). Подобным же образом обрабатываются огарки колчеданов, содержащих цинковую обманку, добыть из них цинк (содержание которого доходит до 20%) чисто металлургическим путем оказывается практически неосуществимым. Точно также до сих пор не имели успеха различные предложенные с этой целью электролитические способы (Höpfner'a, Диффенбаха и др.), пробовавшиеся в широких размерах в Дуйсбурге и Фюрфурте. По способу Дорземагена цинкосодержащие огарки прокаляются в

электрической печи с углем и кремнеземом, причем цинк отгоняется, а в нем остается ферросилиций, с содержанием 25% Si. Произведенные в этом направлении лабораторские опыты дали очень хорошие результаты. Подтвердятся ли они также при заводской работе, пока сказать, конечно, нельзя.

Другой путь выработан в Аахенской лаборатории для извлечения цинка из обманок, смешанных с свинцовым блеском или тяжелым шпатом и т. п. руд, механическое обогащение которых цинком практически неосуществимо или затруднительно. Эти руды в измельченном виде смешиваются с раствором поваренной соли или хлористого магния и обрабатываются хлором при температуре 30—40°, во вращающихся барабанах. Свинистые соединения цинка и свинца превращаются при этом в хлористый цинк, хлористый свинец и свободную серу. Соли выщелачиваются, сера выплавляется из остатков под водой, под давлением 2 атмосферы (как из содовых остатков). Раствор солей освобождается известью от железа, выпаривается, смесь солей сплавляется, обезжелезивается (причем удаление воды облегчается прибавкой нашатыря) и подвергается электролизу. Так как цинк сплавляется с железом, сплав же цинка со свинцом нет, то электролиз (в железном тигле — катоде) ведется так, чтобы оба металла выделились вместе; при этом внизу получается сплав свинца с малым содержанием цинка, сверху — сплав цинка с малым количеством свинца. Дальнейшее разделение обоих металлов производится обычными металлургическими приемами.

В своей электрохимической части с этим способом сходен новейший процесс Ашкрофта, по которому смешанные свинистые руды цинка, свинца и т. д., сплавляются с двуххлористой серой (в ванне из сплавленных хлористых металлов); при этом получают хлористые металлы а свободная сера отгоняется:



Хлористые металлы сплавляются и электролизуются *).

Для выделения цинка из растворов его сернистой соли в плотном, металлическом виде Тоссица считает необходимым производить электролиз при напряжении тока не выше 1,49 вольт, лучше всего 1,35 в. Поэтому он производит электролиз в сосуде с диафрагмой и употребляет в качестве анодов мѣдь, которая, растворяясь, вызывает понижение напряжения тока. Для того чтобы мѣдь не попала к катодам и не выделилась на них вместе с цинком, раствор в анодной камере поддерживается в быстрой циркуляции и постоянно освобождается во втором электролизаторе от мѣди **).

Железо и сталь. Выплавка железа и стали при помощи электрического тока является одной из наиболее интересных современных задач электрометаллургии. То обстоятельство, что железные руды часто встречаются в местах бедных топливом, но богатых водяной энергией, придает этой задаче высокую практическую важность, тем более что в электрической печи легко получается сталь самого лучшего качества, не уступающая тигельной ***). В минувшем году появилось несколько работ и привилегий, посвященных электрическому получению железа и стали.

Г. Гольдшмидт ****) изучил по поручению нѣ-

*) O. Ruff и W. Plato Berichte d. deut. chem. Ges. 1902, стр. 1131.

**) K. Arndt, Zt. f. Elektroch. 1902, стр. 861.

***) W. Borchers и Stockem, ibid. стр. 157.

****) Hall, Moniteur papeterie 1902, стр. 19; реф. изв. Eclairage élect. 1902, т. 33, стр. XLII.

*****) Нѣм. прив. 133909.

*****) W. Borchers, Zt. angewandte Chemie 1902, стр. 637. См. ниже монографию того же автора „Festschrift der Technischen Hochschule zu Aachen“, изданную по поводу Дюссельдорфской выставки 1902 года.

*) Америк. прив. 691822.

**) C. Tossizza, англ. прив. 14825.

***) По сообщению Héroult, в La-Praz (Савойя) по его способу уже производится в электрической печи 6 тонн инструментальной стали в сутки.

****) H. Goldschmidt, Elektrotechn. Anzeiger 1902, т. 19 стр. 318. Также V. Lucchini, La Chimica Industriale

мецкаго департамента привилегій известный способъ Стассано на мѣстѣ его работы, въ Дарфо (Сѣв. Италія). Печь Стассано имѣла первоначально видъ шахты и была выложена изнутри графитомъ. Въ виду того, что послѣдній легко (до 2%) растворяется въ желѣзѣ, онъ замѣненъ въ настоящее время магнетитомъ, а печь получила видъ мертеновской печи. Нагрѣваніе руды производится нѣсколькими дугами, находящимися приблизительно въ центрѣ печи и не приходящими въ прямое прикосновеніе съ шахтой. Печь сдѣлана подвижной и выплавленный металл спускается поворачиваніемъ ея, чрезъ отверстіе въ подѣ. Желѣзная руда предварительно обжигается, обогащается электромагнитнымъ способомъ (до 93% Fe₂O₃) и формируется съ углемъ (16%), смолой (12%), и известковымъ камнемъ (12,5%) въ шарики 5—6 см. въ поперечникѣ. Чрезъ печь емкости 1 куб. метръ пропускаются 2000 амперъ при напряженіи 70 вольтъ. Въ опытахъ, произведенныхъ въ присутствіи Гольдшмидта, выходъ желѣза изъ руды былъ 94%, причемъ на 1 кило полученнаго желѣза было потрачено 4,29 лош.-часа, что составляетъ полезное дѣйствіе тока около 70%; въ болѣе крупныхъ печахъ должны получиться еще лучше результаты. Большимъ преимуществомъ способа Стассано является чистота непосредственно изъ руды получаемаго желѣза: оно содержитъ въ себѣ въ среднемъ 99,684% Fe; 0,094% Mn; 0,029% Si; 0,061% S; 0,017% P и 0,102% C (руда состоитъ изъ: 93,02% Fe₂O₃; 0,619% Mn O; 3,790% Si O₂; 0,058% S и 0,056% P). Вслѣдствіе ничтожнаго содержанія марганца желѣзо Стассано обладаетъ очень малымъ гистерезисомъ и потому особенно пригодно для конструкціи динамо-машинъ. Несмотря, однако, на эти благоприятные результаты и на то, что опыты эти поглотили мильонъ лиръ, заводъ въ Дарфо все еще не находится въ полномъ дѣйствіи, отчасти вслѣдствіе внѣшнихъ обстоятельствъ.

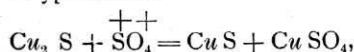
Большое сходство со способомъ Стассано представляетъ процессъ Келлера, эксплуатируемый обществомъ „Compagnie électrothermique Keller, Leleux & Co“ въ Керуссе (Франц. Савойя *) и отличающийся тѣмъ, что онъ работаетъ не мягкое желѣзо, а непосредственно сталь. Весь процессъ дѣлится на двѣ фазы, производящіяся каждая въ отдѣльной электрической печи. Первая фаза—выплавка желѣза изъ руды—производится въ шахтѣ, подъ которой расширенъ и имѣетъ видъ наклонной мертеновской печи; въ томъ мѣстѣ, гдѣ шахта расширяется, помѣщены угольные электроды. Выплавленное въ первой печи желѣзо прямо стекаетъ во вторую печь, гдѣ оно превращается въ сталь. Полученіе одной тонны стали обходится въ Керуссе въ 90—100 франковъ.

На совершенно иномъ принципѣ построена электрическая печь для выплавки стали системы Кьеллина и Бендикса **). Процессъ стали производится здѣсь не жаромъ электрическихъ дугъ, а теплотой, развиваемой индукционными токами въ самой засыпкѣ. Поэтому печь Кьеллина можно вѣрнѣе называть электромагнитнымъ тиглемъ. Этотъ тигель имѣетъ видъ высокаго выдолбленнаго кольца, въ желобообразную полость котораго засыпается сплавляемая масса (чугунъ и желѣзная ломъ). Чрезъ отверстіе кольца проходитъ индукционная катушка, сердечникъ которой, имѣющій листоватое строеніе, охватываетъ съ одной стороны тигель. При пропусканіи чрезъ катушку переменнаго тока, въ засыпанной въ тигель массѣ возникаютъ индукционные токи, нагрѣвающие ее до требуемой температуры. Первая

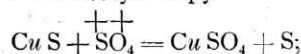
печь системы Кьеллина была поставлена еще въ 1901 г. въ Гизангѣ (Швеція); емкость ея была только 180 кило стали и въ сутки она производила 270 кило, съ затратой 78 киловатт. Увеличивая размеры печи, а также различными ея усовершенствованіями, эти результаты удалось чрезвычайно улучшить. Послѣдняя построенная въ Гизангѣ печь, вмѣщающая 2800 кило, производитъ въ сутки 4100 кило стали съ затратой 165 киловатт, что составляетъ около 47% теоріи. Такъ какъ потери энергіи состоятъ главнымъ образомъ въ потеряхъ теплоты, то, пропуская чрезъ печь болѣе сильныя токи, слѣдуетъ надѣяться получить еще значительно лучше результаты.

Близкую къ печи Кьеллина конструкцію электромагнитной печи патентовало также „Société Schneider & Co“ (нѣм. прив. 130599). Изъ электрическихъ дуговыхъ печей специально для выплавки желѣза и стали предназначены конструкціи Chavaria-Contardo (нѣм. прив. 127700) и A. Minet v. Neuburger (Electrochem. Zt. 1902, стр. 139).

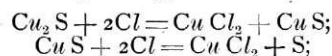
Мѣдъ. Интересныя и поучительныя изслѣдованія надъ электролитическимъ извлеченіемъ мѣди изъ колчедановъ были произведены I. Эгли *). Материаломъ для опытовъ служила искусственно приготовленная полусѣрнистая мѣдь Cu₂S, которая употреблялась или въ качествѣ катода, или анода. Въ первомъ случаѣ электролитомъ служилъ 1,8% растворъ каустической соды; подъ дѣйствіемъ электролитическаго водорода сѣрнистая мѣдь возстановлялась въ сѣроводородъ, растворяющійся съ образованіемъ сѣрнистаго натрія, и металлическую мѣдь, остающуюся въ видѣ ила; напряженіе тока во время электролиза мѣнялось очень мало. При употребленіи сѣрнистой мѣди въ качествѣ анода электролитъ состоялъ или изъ сѣрной кислоты, или изъ соляной. Электролизъ въ обоихъ случаяхъ протекаетъ очень различно. Съ сѣрной кислотой (уд. в. 1,225) полусѣрнистая мѣдь анода сперва окисляется въ сѣрнистую и сѣрнокислую мѣдь, по уравненію:



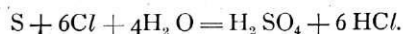
затѣмъ постепенно сѣрнистая мѣдь окисляется въ сѣрнокислую и свободную сѣру:



но дальнѣйшаго окисленія сѣры въ сѣрную кислоту при технически доступныхъ плотностяхъ тока не происходитъ. Вслѣдствіе этого аноды скоро покрываются слоемъ сѣры и напряженіе тока сильно подымается—обстоятельство, погубившее известный процессъ Маркеше. Иначе обстоитъ дѣло, когда электролитомъ служитъ соляная кислота (10%). Въ этомъ случаѣ сѣрнистая мѣдь при анодномъ окисленіи также выдѣляетъ сперва сѣру:



но затѣмъ сѣра окисляется дальше въ сѣрную кислоту:



Поэтому напряженіе тока во время электролиза не возрастаетъ. Интересно, что, кромѣ двухлористой мѣди, при этомъ всегда, при всѣхъ плотностяхъ тока и концентраціяхъ, и несмотря на избытокъ хлора, образуется также полухлористая мѣдь Cu₂Cl₂.

Эгли изслѣдовалъ также подробно известный процессъ Ноерфнера (электролитъ—двухлористая мѣдь) и получилъ слѣдующіе результаты 1) Циркуляція электролита уменьшаетъ полезное дѣйствіе тока. Это объясняется тѣмъ, что выдѣлившаяся мѣдь растворяется двухлористой мѣдью обратно съ образованіемъ полухлористой соли (Cu + CuCl₂ = Cu₂Cl₂), ко-

1902, т. 4 стр. 114, 131 и 145, реф. по Zt. für Electrochemie 1902, стр. 852, и Chem. Ztg. Rep. 1902, стр. 207.

*) См. Bertolus, Eclairage élect. 1902, т. 33 стр. 45.

**) Kjellin и Beudiks, Eng. Min. Journ. 1902, т. 74, стр. 78, New-York Electrical Review. 1902, т. 41, стр. 112. См. также Becker, Ind. Electrochim. 1903, № 3, стр. 9.

*) J. Egli, Zt. angewandte Chemie, 1902, стр. 18.

торая въ присутствіи соляной кислоты или поваренной соли остается въ растворѣ. Поэтому электролитъ долженъ циркулировать не быстрой, чѣмъ то безусловно требуется для сохранения постоянного состава раствора. 2) Въ присутствіи соляной кислоты получается болѣе чистая мѣдь, но полезное дѣйствіе тока падаетъ очень сильно. 3) Такимъ же образомъ дѣйствуетъ поваренная соль, хотя ея вредное вліяніе на дѣйствіе тока значительно слабѣе. 4) Если растворъ содержитъ въ себѣ слишкомъ мало хлористой мѣди, то мѣдь выдѣляется въ губчатомъ видѣ; слишкомъ большое содержаніе соли также вредно, такъ какъ какъ уменьшается полезное дѣйствіе тока и получается нечистая мѣдь (вслѣдствіе образования полухлористой мѣди). 5) Нагрѣваніе дѣйствуетъ вредно какъ на полезное дѣйствіе тока, такъ и на качество мѣднаго осадка; но при слишкомъ низкой температурѣ мѣдь выдѣляется въ губчатомъ видѣ. 6) Повышеніе плотности тока увеличиваетъ его полезное дѣйствіе, но лишь до извѣстнаго предѣла. 7) Изъ раствора, содержащаго 13,4 гр. Cu Cl_2 , 7,45 гр. KCl и 23,4 гр. Na Cl въ литрѣ получается мѣдь съ содержаніемъ 99,80—49,98% Cu .

Для получения чистой мѣди изъ нечистыхъ (получаемыхъ прямымъ выщелачиваніемъ обожженной руды) растворовъ сѣрнокислой соли Тоссиза *) считаетъ необходимымъ производить электролизъ при возможно низкомъ напряженіи тока (не выше 0,6 вольтъ). Для этого онъ пользуется сѣрнистой кислотой въ качествѣ деполяризатора и вводитъ эту газъ въ жидкость чрезъ полые угольные аноды.

Свинецъ. Въ нашемъ прошлогоднемъ обзорѣ мы упоминали объ электролитическомъ извлеченіи свинца изъ свинцоваго блеска, основанномъ на восстановленіи этой руды, служащей катодомъ, въ металлической свинецъ и сѣрководородъ. Въ Запискахъ Американскаго Электрохимическаго Общества **) за минувшій годъ авторъ этого способа, Петро Саломъ, даетъ его подробное описаніе въ томъ видѣ, какъ онъ примѣняется обществомъ „Electrical Lead Reduction Co“. Свинцовый блескъ, содержащій около 80% свинца (серебро въ ничтожномъ количествѣ), освобождается отъ породы, измалывается и въ видѣ порошка насыпается въ плоскіе ящики изъ твердаго свинца, имѣющіе форму опрокинутыхъ усѣченныхъ конусовъ. 10—12 такихъ ящиковъ ставятся одинъ на другой и изолируются другъ отъ друга каучуковыми прокладками. Отъ одного ящика къ слѣдующему токъ проходитъ по принципу двухполосной передачи. Электролитомъ служитъ разбавленная сѣрная кислота. Каждый ящикъ заключаетъ въ себѣ 12 фунтовъ руды и поглощаетъ 2½ вольты; при силѣ тока 12 амперъ восстановление заканчивается въ пять дней. Металлическій свинецъ остается въ видѣ губки, промывается, пресуется и перерабатывается на окись свинца или бѣлила; благодаря губчатой структурѣ электролитическаго свинца оба эти превращенія совершаются очень легко и быстро. Первое время процессъ представлялъ тотъ недостатокъ, что часть руды (до 8—10%) ускользала отъ восстановления и неизмѣнившійся сѣрнистый свинецъ являлся очень вредной примѣсью готоваго продукта. Этотъ недостатокъ, повидимому, удалось устранить. За вторую половину 1901 года Electrical Lead Reduction Co. получило по способу Саломъ 235 тыс. фунтовъ свинца.

Другой чрезвычайно важный для металлургіи свинца электролитическій процессъ касается его рафинанціи и изобрѣтенъ молодымъ американскимъ химикомъ Беттсомъ ***). Попытки рафинировать свинецъ электролитическимъ путемъ производились уже не-

однократно; но успѣха онѣ не имѣли, частью вслѣдствіе стремленія свинца осаждаться изъ растворовъ въ губчатомъ видѣ, частью вслѣдствіе сравнительно быстрога загрязненія электролитическихъ растворовъ солями сопровождающихъ рафинируемый свинецъ металловъ. Беттсу удалось найти электролитъ, не представляющій этихъ недостатковъ — а именно кремнефтористоводородную кислоту, обладающую очень хорошей электропроводимостью и образующую легко растворимую свинцовую соль. Изъ металловъ, которые сопровождаютъ свинецъ, въ этомъ электролитѣ растворяются только цинкъ, желѣзо, кобальтъ и никкель—примѣси, встрѣчающіяся обыкновенно въ очень маломъ количествѣ и не выдѣляющіяся на катодахъ изъ кислыхъ растворовъ. Мѣдь, сурьма и особенно вредный висмутъ остаются почти цѣликомъ въ анодномъ илѣ. Электролизъ производится въ деревянныхъ, вымазанныхъ изнутри дегтемъ ваннахъ; все расположеніе очень похоже на то, какимъ пользуются при рафинанціи мѣди. При плотности тока 14 амперъ на 1 кв. футъ напряженіе въ каждой ваннѣ (при параллельномъ размѣщеніи въ ней электродовъ) составляетъ только 1,25 вольты; полезное дѣйствіе тока достигаетъ 95%. Свинецъ выдѣляется въ плотномъ, металлическомъ видѣ (для избѣжанія образования кристалловъ въ патентѣ совѣтуется прибавить къ электролиту немного желатини) и обладаетъ такой же однородностью и удѣлнымъ (11,3), какъ литой свинецъ. Способъ Беттса примѣняется въ Британской Колумбіи, въ Trail, и настолько успѣшно, что производство, начатое съ 10 тоннъ въ сутки, расширено теперь до 30 тоннъ. Изъ свинца (вероблей) съ 98,76% Pb , 0,50% Ag , 0,31% Cu и 0,43% Sb получается металлъ, содержащій 99,9971% свинца и только 0,0029% примѣсей (0,019 Sb , 0,0000 Cu и 0,0003 Ag); анодный илъ состоитъ изъ 9,0% свинца, 36,4% серебра, 25,1% мѣди и 29,5% сурьмы.

Органическія производства.

Изъ довольно многочисленныхъ опубликованныхъ въ истекшемъ году работъ и патентовъ *), посвященныхъ электролизу и электролитическому производству органическихъ соединений наиболѣе интересны и должны быть здѣсь приведены работы Ю. Вальтера надъ синтезомъ помощью электролиза различныхъ органическихъ кислотъ, сахаровъ и бѣлковъ изъ углекислоты **). Мы должны впрочемъ оговориться, что результаты, сообщаемые Вальтеромъ, какъ намъ кажется, очень нуждаются въ проверкѣ и подтвержденіи, а теоретическія его объясненія отличаются большой неясностью. Вальтеръ электролизуетъ насыщенную углекислотой воду въ ящикахъ раздѣленныхъ двумя продольными, параллельными диафрагмами изъ пергамента или асбеста на три камеры. Въ средней находятся аноды: 2—3 кисти, каждая изъ 25 короткихъ платиновыхъ проволочекъ (0,2 мм. толщины). Обѣ крайнія камеры заключаютъ въ себѣ катоды: желѣзныя сѣтки, обложенныя слоємъ смѣси изъ силиката глинозема, порландскаго цемента и 10—20% закисъ-оксида желѣза. Въ отличіе отъ катодовъ изъ угля или металловъ эти катоды обладаютъ будто бы тѣмъ свойствомъ, что поляризація у нихъ остается постоянной и нисколько не зависитъ отъ силы тока; такъ, напримѣръ, авторъ получаетъ при напряженіи 2 вольтъ — 0,0 ампера, 4 вольты—

*) Panchaud de Bottens, — окисленіе нафталина, *Zt. f. Elektroch.* 1902, стр. 673. Т. Wohlfahrt, — окисленіе динитро-дифенила въ феназонъ, *Journ. prakt. chemie* 1902, т. 65, стр. 295. J. Tafel и Pfeffermann, — восстановление оксимовъ и фенилгидратоновъ въ амины, *Berichte d. dent. chem. Ges.* 1902, стр. 1510. Hofer и Moest, — электролизъ солей жирныхъ кислотъ, *Liebig's Annalen* 1902, т. 323, стр. 284 и т. д.

**) J. Walter, *Chemiker-Ztg.* 1902, стр. 763 и 1001.

*) Tossizza, нѣм. прив. 128486.

**) P. Salom, *Traus. Amer. Electrochem. Soc.* 1902, стр. 87.

***) J. Betts, амер. прив. 713277 и 713278 отъ 11/ХІ, 1902. Сравн. также Т. Ulke *Eng. Min. Journ.* 1902, т. 74, стр. 475.

0,20 амп., 6 вольт—0,40 амп., 8 вольт—0,60 амп., и т. д. Кроме этого удивительного свойства описанные катоды отличаются, по заявлению изобретателя, еще одной, не менее удивительной особенностью: при электролизе они вызывают для каждого напряжения тока вполне определенную и притом исключительную химическую реакцию, т. е. при электролитическом восстановлении с их помощью углекислоты получаются не смеси различных продуктов, а смотря по напряжению тока, исключительно или щавелевая кислота, или винная, лимонная, различные сахара, и наконец, (если раствор углекислоты заключает в себя также сернокислый аммоний и фосфорную кислоту) бѣлки.

Изъ крупных органических производствъ внимание электрохимиковъ наиболее привлекало къ себе до сих пор сахарное производство и на осуществление задачи очистки сахарного сока при помощи электрического тока потрачено уже не мало труда и денег, къ сожалѣнію все еще безъ практическихъ результатовъ. Въ минувшемъ году опять опубликовано нѣсколько относящихся сюда изобретѣній, которыя, если и не рѣшаютъ задачи, то все же интересны тѣмъ, что вносятъ новыя точки зрѣнія. Большинство изобретателей, занимавшихся электролизомъ сахарнаго сока, пытались употреблять растворимыя металлическія аноды, металлъ которыхъ образовалъ бы нерастворимыя соли съ заключающимися въ сахарномъ соку органическими кислотами и такимъ образомъ способствовалъ бы ихъ выдѣленію изъ сока. Употребленіе анодовъ изъ такихъ металловъ (главнымъ образомъ цинка или свинца) представляетъ два крупныхъ недостатка: во 1-хъ, теряются очень большія количества металла, такъ какъ ни цинкъ, ни свинецъ практически не могутъ быть получены обратно изъ своихъ образующихся при электролизѣ солей; во 2-хъ, эти нерастворимыя соли, прилипая къ поверхности анодовъ, чрезвычайно сильно повышаютъ электрическое сопротивление, т. е. требуемое напряженіе тока. Эти недостатки устранены въ слѣдующемъ способѣ Кольреппа и Воля *). Сахарный сокъ подвергается электролизу съ нерастворимыми анодами (напримѣръ, изъ угля) и отдѣляется діафрагмой отъ катоднаго помѣщенія. При прохожденіи тока заключающіяся въ сахарномъ соку соли (главнымъ образомъ калийныя) органическихъ кислотъ распадаются такъ, что щелочь удаляется чрезъ діафрагму въ катодное отдѣленіе, а въ анодномъ накаплиются свободныя кислоты. Для удаленія послѣднихъ къ сахарному соку, еще предъ электролизомъ, прибавляется окись свинца въ видѣ сахарага; во время электролиза эта окись, поддерживаемая непрерывно въ движеніи струей воздуха или инымъ способомъ перемѣшиванія, соединяется съ освобождаемымъ токомъ кислотами и осаждаются въ видѣ нерастворимыхъ среднихъ и основныхъ солей. Изъ послѣднихъ же окись свинца въ видѣ сахарага получается обратно, нагревая съ ѣдкимъ кали и сахаромъ. Эта регенерация окиси свинца представляетъ, конечно, слабую сторону способа Воля и Кольреппа, но все же онъ заслуживаетъ полнаго вниманія въ силу своихъ другихъ преимуществъ.

Интересенъ также способъ Нодона и Пьетра **), которые стараются очистить сахарный сокъ отъ органическихъ примѣсей, разрушая ихъ электролитическимъ кислородомъ. Конечно и они должны употреблять нерастворимые, т. е. не подвергающіяся окисленію аноды (такowymi служатъ аноды изъ твердаго свинца, покрытые слоемъ перекиси свинца); для усиленія же процесса окисленія у анодовъ Нодонъ и Пьетръ прибавляютъ къ сахарному соку такъ называемый вельдновъ иль (соединеніе водной перекиси марганца съ известью, получаемое при произ-

водствѣ бѣлильной извести по способу Вельдона); это вещество служитъ такъ называемымъ переносителемъ кислорода, т. е., поглощаетъ выдѣляемый токкомъ кислородъ и отдаетъ его затѣмъ такимъ веществамъ, которыя непосредственно электролитическимъ кислородомъ не окисляются.

Общая аппаратура.

Аноды. Интересныя данныя относительно постоянства анодовъ изъ графита Эчсона опубликовалъ Фѳрстеръ *). При электролизѣ среднего 20% раствора поваренной соли (въ присутствіи хромовокислаго калия) при 60° Ц., токкомъ плотности 4 амперъ на 1 кв. дцм. втеченіе 24 часовъ, только 7,4% тока потрачено на окисленіе графита, тогда какъ съ анодами изъ аморфнаго угля и французскаго графита на разрушеніе анодовъ падаютъ 12—41% всего тока. Въ 8% растворѣ соды аноды изъ эчсоновскаго графита почти совершенно не подвергаются разрушенію при обыкновенной температурѣ, при 60—70° тоже въ значительно меньшей степени, чѣмъ аноды изъ искусственнаго угля. Въ серной кислотѣ эчсоновскій графитъ разрушается электролитическимъ кислородомъ быстро даже при обыкновенной температурѣ. Эчсоновскій графитъ фабрикуется въ видѣ цилиндровъ и 4-гранныхъ призмъ до 90 стм. длины и 12,5 стм., въ поперечникѣ или 13,5 стм. въ квадратѣ. Дѣйствительный уд. вѣсъ 2,14, кажущійся 1,65; пористость его составляетъ слѣдовательно 27,9%, т. е. не меньше, чѣмъ въ хорошемъ искусственномъ углѣ; превосходство эчсоновскаго графита обуславливается поэтому не его большей плотностью, а большимъ химическимъ постоянствомъ. Содержаніе золы составляетъ только 0,83%. Цѣна его на заводѣ 0,79 марки кило.

Тотъ же авторъ, а также его ученикъ Денсо **) изслѣдовали новыя платиновые аноды Heraeus'a. Какъ известно, для усиленія химическаго постоянства платины ее сплавляютъ съ нѣкоторымъ количествомъ (обыкновенно 10%) иридія. Но этотъ сплавъ представляетъ съ другой стороны тотъ недостатокъ, что онъ не плющится такъ тонко, какъ чистая платина, а сравнительно легко рвется. Нечаевъ нашелъ, что этотъ недостатокъ иридийской платины вполне устраняется прибавкой къ нему небольшого количества третьяго металла платиновой группы—рутенія. Изъ такого тройнаго сплава можетъ быть выплющена фольга въ 0,075 мм. толщины, 1 квдр. метръ которой вѣситъ только 100 граммъ. Для того, чтобы придать анодамъ изъ этой фольги также механическую прочность, Нечаевъ вырѣзываетъ изъ нея полосы въ 2 стм. ширины; къ полосамъ привариваются поперечныя проволочки изъ платины, свободные концы которыхъ впиваются въ стеклянную трубку и внутри этой трубки соединяются, столбикомъ ртути или какимъ нибудь припоемъ, съ мѣдной проволокой, приводящей токъ. Такимъ образомъ, съ одной стороны, полосы изъ платиновой фольги получаютъ опору, съ другой—токъ, пропикая къ нимъ чрезъ цѣлый рядъ проводовъ, имѣетъ возможность распределяться вполне равномерно по всей поверхности анодовъ. Фѳрстеръ и Денсо электролизовали этими анодами растворъ хлористаго калия (въ присутствіи хромовокислаго калия), а также соляную кислоту, при температурѣ до 80° и плотности тока до 10 амперъ на 1 кв. дцм.—даже послѣ 2500 амперъ-часовъ аноды не обнаруживали никакихъ слѣдовъ разрушенія.

Д і а ф р а г м ы. Заслуживаютъ вниманія діафрагмы Колба и Баго ***): возможно тонко смолотая смесь изъ 25% глинозема, 68% окиси желѣза и 7% кремнезема формуется и прокаливается при температурѣ, лежащей между точкой краснаго каленія и точкой

*) A. Wohl и Kollrepp, нѣм. прив. 136670.

**) Naudon и Piettre, нѣм. прив. 131875.

*) Förster, Zt. Elektroch. 1902, стр. 143.

**) Denso, ibid. стр. 147.

***) Ch. Combes и Bigot, нѣм. прив. 136273.

остеклования смѣси. Эти диафрагмы очень хорошо противостоят дѣйствию щелочей, кислотъ и хлора.

Правила для защиты сѣтей металлическихъ трубъ отъ дѣйствія земныхъ токовъ электрическихъ трамваевъ *)

I. Примѣчаніе правилъ.

§ 1. Эти правила касаются только тѣхъ участковъ вновь устраиваемыхъ электрическихъ желѣз. дорогъ постоянного тока съ передачей возвратнаго тока по рельсамъ, съ которыхъ вслѣдствіе непримѣненія хорошо высушенныхъ и потому плохо проводящихъ или совсѣмъ изолирующихъ подкладокъ (на прим., деревянныя и т. под.) можетъ происходить значительное отвѣтвление въ землю тока, наносящаго вредъ трубамъ постороннихъ владѣльцевъ.

§ 2. Эти правила не примѣняются къ существующимъ уже дорогамъ или къ участкамъ ихъ, если нельзя съ достовѣрностью установить, что вслѣдствіе неисполненія этихъ правилъ произошло электролитическое поврежденіе чужой собственности, или даже тогда, когда его можно ожидать по условіямъ мѣстности. Наоборотъ, рекомендуется примѣненіе этихъ правилъ при продолженіи существующихъ линий, если окажется, что при вступленіи нижеизложенныхъ правилъ въ силу, плотность тока или паденіе напряженія превышаетъ указанную норму больше чѣмъ на 30%.

II. Опасное положеніе и сфера опасности.

Опасное положеніе не наступаетъ при металлическихъ трубамъ, соединенія которыхъ плохо проводятъ токъ.

Однако является возможность электрическаго поврежденія при хорошо проводящихъ по всей длинѣ трубамъ. Это поврежденіе тѣмъ вѣроятнѣе, чѣмъ длиннѣе трубы, чѣмъ меньше ихъ разстояніе отъ рельсовъ и чѣмъ больше разности потенциаловъ въ землѣ вдоль трубъ.

§ 4. Опасность электролитическаго поврежденія, напротивъ, тѣмъ меньше, чѣмъ меньше химическія свойства почвы способствуютъ электролизу, чѣмъ больше электрическое сопротивление земли между рельсами и трубами и чѣмъ меньше плотность тока въ мѣстахъ выхода тока изъ трубъ.

Всѣ трубы, ближайшая точка которыхъ находится по крайней мѣрѣ на разстояніи одного километра отъ рельсовъ, можно считать въ безопасности.

Металлически соединенныя между собой трубы или цѣлые трубопроводы, наибольшее протяженіе коихъ лежитъ главнымъ образомъ вдоль пути между двумя перпендикулярными къ трубамъ и направленными къ пути прямыми можно считать въ безопасности, если эти прямыя образуютъ съ рельсами уголъ въ 30° и разстояніе другъ отъ друга точекъ пересѣченія этихъ прямыхъ съ рельсами не настолько велико, чтобы среднее годовое значеніе паденія потенциала въ землѣ около рельса превышало 0,3 вольта.

Металлически соединенныя трубы, которыя по наибольшему протяженію лежатъ, главнымъ образомъ, перпендикулярно пути, можно считать въ безопасности, если паденіе потенциала въ землѣ въ ближайшемъ къ рельсамъ и удаленнѣйшимъ отъ трубъ мѣстѣ не превышаетъ 0,3 в. **).

*) Правила эти приняты въ видѣ опыта на два года Союзомъ Германскихъ Электротехниковъ.

**) Формула для предварительнаго вычисленія этого паденія потенциала выводится слѣдующимъ образомъ Ulbricht, Electr. Zeitschrift. 1902 s. 212, 720). Если обозначимъ раз-

Если протяженіе металлическихъ соединенныхъ трубъ вдоль пути приблизительно одинаково съ протяженіемъ ихъ въ направленіи перпендикулярномъ пути, то трубы можно считать въ безопасности тогда, когда одновременно выполнены оба вышеуказанные условія.

Трубы, металлическое соединеніе которыхъ между собой прервано посредствомъ изолирующихъ вставокъ можно считать вообще въ безопасности.

III. Мѣры для уменьшенія земныхъ токовъ и защиты трубъ.

§ 5. При линияхъ съ двухпроводной системой (если не происходитъ регуларной, по крайней мѣрѣ, разъ въ день переменны полюсовъ) слѣдуетъ рельсы соединять съ отрицательнымъ полюсомъ источника электричества.

Если въ соединительномъ проводѣ паденіе потенциала превышаетъ 2 вольта, то его нужно изолировать.

§ 6. Рельсы въ стыкахъ должны быть соединены такимъ образомъ, чтобы сопротивление километра уложеннаго пути не увеличивалось бы болѣе чѣмъ на 0,3Ω въ сравненіи съ обыкновеннымъ рельсомъ. Кромѣ того оба рельса одного пути должны черезъ каждые 10 стыковъ имѣть поперечныя соединенія; при двойномъ пути оба пути должны быть связаны черезъ каждые 20 стыковъ поперечнымъ соединеніемъ. На всѣхъ закругленіяхъ и скрещеніяхъ рельсовъ должны быть хорошо соединены помощью особаго приспособленія.

§ 7. Чтобы не перейти, указаннаго въ § 4 паденія потенциала, равною 0,3 вольта, нужно обращать вниманіе на то, чтобы произведеніе плотности тока Δ на длину пути l было бы достаточно мало. Тѣ точки рельсовъ, къ которымъ примыкаютъ возвратные провода нужно устраивать какъ можно дальше отъ трубъ, въ особенности, отъ скрещеній и отростковъ трубъ, выходящихъ изъ земли вблизи рельсовъ. Ни въ какомъ случаѣ рельсы не должны быть электрически соединены съ трубами или имѣть особаго земляныя соединенія.

§ 8. Для уменьшенія разности потенциаловъ въ

стояніи отъ трубы до ближайшей точки рельсовъ въ метрахъ черезъ d , черезъ V —средній отрицательный потенциалъ въ этой точкѣ рельсовъ и черезъ V_d —потенциалъ земли вблизи трубы, то тогда зависимость между этими величинами можетъ быть приближенно выражена слѣдующей формулой

$$V_d = \frac{aV}{1 + bd}$$

При равномерныхъ свойствахъ почвы и безпрепятственномъ соединеніи рельса съ землей a будетъ равно 1.

Обозначимъ теперь черезъ V_0 среднее максимальное значеніе потенциала на рельсахъ въ теченіе года, тогда потенциалъ V_d земли вокругъ трубы, находящейся на разстояніи d отъ рельсовъ въ плоскости имѣ перпендикулярной можетъ быть приближенно выраженъ формулой

$$V_d = \frac{a_1 \Delta l}{1 + bd}$$

Здѣсь Δ обозначаетъ плотность тока въ амперахъ на квадратный сантиметръ сѣченія рельса и l —длину пути въ метрахъ. Постоянныя d , a , и b зависятъ отъ проводимости рельсовъ и электрическаго сопротивленія въ мѣстѣ соединенія рельсовъ съ землей. При равномерныхъ свойствахъ почвы $a_1 = \frac{V_0}{\Delta l}$; т. е. приблизительно 0,001; b приблизительно равно 0,1.

Для двойного пути въ равномерно проводящей землѣ получается по этимъ формуламъ

$$\begin{aligned} \text{для } V_d \text{ при } d = 10 \text{ м.} & \dots \dots 0,5V_0 \\ & \gg d = 100 \gg \dots \dots \frac{1}{11}V_0 \\ & \gg d = 1000 \gg \dots \dots 0,01V_0 \end{aligned}$$

рельсах служат кромки хорошо проводящих стыков—возвратный кабель, уравнильный кабель и добавочная динамо. Съ другой стороны уменьшению разности потенциалов въ рельсахъ соотвѣтствуетъ слѣдующее средство: увеличение сопротивленія въ мѣстахъ соединеній трубъ посредствомъ вставки изолирующихъ прокладокъ или тому подобнаго. Эта защита трубъ рекомендуется во всѣхъ тѣхъ случаяхъ когда требуется уменьшеніе разности потенциала въ рельсахъ связано съ большими расходами.

§ 9. У двигателей, укрѣпленныхъ неподвижно и получающихъ энергію отъ сѣти электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, обратный проводъ долженъ быть соединенъ съ рельсомъ. Этотъ проводъ долженъ быть изолированъ, если паденіе потенциала въ немъ превышаетъ 2 вольта. Фундаментъ двигателя можетъ быть соединенъ съ землей, но тогда онъ не долженъ быть соединенъ съ обратнымъ проводомъ.

IV. Способы наблюденія.

§ 10. Распредѣленіе нагрузки въ рельсахъ нужно контролировать посредствомъ измѣренія напряженія въ мѣстахъ соединенія возвратныхъ проводовъ съ рельсами (питающихъ точкахъ). Для этого нужно заботиться о томъ, чтобы на вырабатывающей токъ или распредѣлительной станціяхъ можно было измѣрять напряженіе въ важнѣйшихъ мѣстахъ рельсового пути. Величина разности потенциаловъ между рельсами и трубопроводами не даетъ подходящаго масштаба для измѣренія земныхъ токовъ и опасно для трубъ.

Измѣренія должны быть скорѣй направлены къ опредѣленію разности потенциаловъ въ самой землѣ.

Для измѣренія этихъ разностей потенциаловъ нужно употреблять металлическіе шесты въ качествѣ земныхъ электродовъ. Они должны быть воткнуты въ землю—одинъ въ разстояніи около 10 сантиметровъ отъ основанія рельса, а другой въ соотвѣтственномъ разстояніи отъ трубы, и доходить, по крайней мѣрѣ, до глубины послѣдней. Находящаяся въ подпочвенной водѣ металлическая пластинка или водопроводная труба не могутъ считаться мѣстами средняго земного потенциала, такъ какъ онѣ могутъ подвергаться вліянію земныхъ токовъ. Въ качествѣ масштаба для вышини земныхъ токовъ могутъ служить измѣренія силы тока въ рельсахъ и въ трубахъ, при чемъ не должны происходить измѣненія земного потенциала вслѣдствіе другаго распредѣленія токовъ, зависящаго отъ способа измѣренія силы тока, или эти измѣненія должны быть приняты во вниманіе. Рекомендуется обыкновенно вмѣсто прямыхъ методовъ измѣреній примѣнить косвенные (параллельное соединеніе, дифференціальныи или компенсаціонныи способы).

Такъ какъ плотность токовъ, выходящихъ изъ трубъ, служатъ мѣрою интенсивности электролитическаго дѣйствія, то для опредѣленія степени опасности, въ которой находятся трубы, нужно, зная уже абсолютныя силы земныхъ токовъ, узнать по плану еще и поверхность трубъ, изъ которыхъ выходятъ эти токи. Въ случаяхъ высокой плотности выходящихъ изъ трубъ токовъ нужно вырыть трубы и изучить мѣстныя электролитическія дѣйствія земныхъ токовъ.

(Е. Т. З. 1903, Н. 34).

Проектъ правилъ для пользованія электрическими устройствами на судахъ.

По просьбѣ судостроительныхъ обществъ совѣтъ Союза Германскихъ Электротехниковъ назначилъ Комиссію для выработки правилъ употребленія электричества на судахъ.

Заключение Комиссіи.

При теперешнемъ состояніи электротехники рекомендуется на судахъ примѣнять для освѣщенія и приведенія въ дѣйствіе двигателей постоянный токъ.

Напряженіе въ общей судовой цѣпи должно быть 110 вольтъ.

При примѣненіи переменнаго тока слѣдуетъ по крайней мѣрѣ, для освѣтительной цѣпи выбирать напряженіе въ 110 вольтъ. Но въ этомъ случаѣ нужно принимать предосторожности, чтобы дѣйствующее напряженіе между проводами и корпусомъ судна не превышало 70 вольтъ.

I. Основанія для выбора постоянного тока.

1) Двигатели постоянного тока при современномъ состояніи электротехники больше всего подходятъ къ судовымъ установкамъ вслѣдствіе ихъ легкой регулировки.

2) Въ отношеніи опасности для жизни постоянный токъ менѣе опасенъ, чѣмъ переменный равнаго дѣйствующаго напряженія.

3) Военные суда примѣняютъ уже постоянный токъ для своихъ прожекторовъ. Единство рода тока для военныхъ и коммерческихъ судовъ находится въ интересахъ не только мореплаванія, но и въ интересахъ электрической промышленности, и требуетъ по этому вниманія къ этому обстоятельству, которое, пожалуй, не имѣетъ такого значенія для торговыхъ судовъ.

4) Кабельная сѣть трехфазнаго тока, который теперь большею частью примѣняется въ установкахъ съ двигателями менѣе доступна надзору, чѣмъ сѣть постоянного тока. Такъ какъ всѣ три провода вслѣдствіе ихъ индуктивныхъ дѣйствій должны быть уложены въ одномъ кабелѣ, то прокладка послѣдняго особенно при большомъ сѣченіи становится затруднительной. Также трудно брать и отвѣтвленія отъ этого кабеля.

5) На торговыхъ судахъ потребленіе тока идетъ главнымъ образомъ на освѣщеніе.

6) Приводимый обыкновенно въ защиту переменнаго тока на судахъ доводъ, именно отсутствія вліянія тока на судовой компасъ, не имѣетъ особеннаго значенія, такъ какъ можно избавиться отъ этого вліянія и при постоянномъ токѣ посредствомъ правильной прокладки кабеля и правильной постройки и установокъ двигателей.

7) Такъ какъ возможны значительныя усовершенствованія въ области примѣненія переменнаго тока для двигателей, и, кромѣ того, особенныя условія могутъ требовать примѣненія этого рода тока, то по этому слѣдуетъ не предписывать примѣненія постоянного тока, а только рекомендовать его.

II. Основанія для выбора напряженія въ 110 вольтъ.

1) Это напряженіе употребляется и въ установкахъ на сушѣ; по этому имѣются всегда въ запасѣ лампы, двигатели и другіе приборы для этого напряженія.

2) Напряженіе это представляетъ собой крайній предѣлъ, до котораго можно безопасно дойти при тѣхъ трудностяхъ, которыя сопровождается устройство хорошей изоляціи на судахъ.

3) Напряженіе это можно рекомендовать только для общей цѣпи, такъ какъ особыя установки, обслуживаемыя обыкновенно вращающимися трансформаторами, могутъ требовать болѣе высокаго или болѣе низкаго напряженія. Въ этомъ случаѣ высокое напряженіе будетъ большею частью временнымъ и въ большей или меньшей степени безопасно, такъ какъ оно будетъ дѣйствовать въ небольшихъ участкахъ цѣпи.

III. Напряженіе для переменнаго тока.

Для нѣкоторыхъ случаевъ, въ которыхъ можетъ понадобиться переменный токъ, не возможно уста-

новить ни число фазъ, ни напряженіе, ни частоту такового. Но, во всякомъ случаѣ, должна быть возможность примѣненія для освѣщенія тока, доставляемаго съ суши или съ другого судна. Поэтому при установкахъ переменнаго тока нужно, по крайней мѣрѣ, для освѣщенія употреблять напряженіе въ 110 вольтъ. Согласно сказанному въ отдѣлѣ I § 2, при установкахъ переменнаго тока дѣйствующее напряженіе между какимъ-либо проводомъ и корпусомъ судна не должно превышать 70 вольтъ.

(Е. Т. З. 1903, Н. 21).

НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

Распространенность радиоактивности.

Уже давно возникалъ вопросъ, является ли радиоактивность свойствомъ, присущимъ исключительно радію, торію и урану, или и другіе элементы обладаютъ тѣмъ же свойствомъ, только менѣе ярко выраженнымъ. Чѣмъ подробнѣе становятся изслѣдованія, тѣмъ больше и больше приходится склоняться къ мысли, что радиоактивность гораздо болѣе распространена въ мірѣ, чѣмъ это казалось сначала. Въ недавнее время начали появляться работы, доказывающія, что самые обыкновенные матеріалы, какъ стекло, глина, олово, платина и т. п., являются въ слабой степени радиоактивными, обладаютъ способностью ионизировать воздухъ. Съ другой стороны и почва обладаетъ способностью испускать радиоактивные эманации, дѣлающія соприкасающийся съ ней воздухъ проводникомъ. Вопросомъ о радиоактивности обыкновенныхъ матеріаловъ занимались Дж. Дж. Томсонъ, Макъ-Леннанъ и Струттъ, но только работа послѣдняго появилась въ печати. Приборъ его, въ существенныхъ частяхъ, состоялъ изъ цилиндрическаго сосуда, въ центрѣ котораго помѣщалась вертикальная, изолированная мѣдная проволока. Въ верхней части этой проволоки былъ прикрѣпленъ золотой листочекъ, отклонявшійся подъ влияніемъ заряда, сообщаемого особымъ, весьма остроумнымъ приспособленіемъ проволоки извнѣ. Передъ началомъ опыта изъ сосуда былъ выкачанъ воздухъ и проверѣна изоляция проволоки. Оказалось, что золотой листочекъ въ теченіи нѣсколькихъ часовъ оставался совершенно неподвижнымъ. Затѣмъ въ цилиндръ былъ впущенъ воздухъ и листочекъ сейчасъ же пришелъ въ движеніе. Для изслѣдованія дѣйствія различныхъ матеріаловъ внутреннія стѣнки цилиндра выкладывались этими матеріалами и наблюдалась потеря заряда съ проволоки. Оказалось, что скорость снятія заряда различна для разныхъ матеріаловъ. Такъ для одного образца олова листочекъ передвигался на 3,3 дѣленія шкалы въ 1 часъ, а для другого на 2,3; для серебра перемѣщеніе было 1,6 дѣл., для цинка—1,2 для свинца 2,2, чистой мѣди—2,3; окисленной—1,7; для алюминія—1,4 и для трехъ разныхъ образцовъ платины соответственно 2,0, 2,9 и 3,9. Всѣ эти числа были получены по нѣсколькимъ разамъ. Интересны различія, полученные для разныхъ образцовъ одного и того же вещества. Оказалось, что образцы, напр., олова, взятые отъ одного и того же листа, давали всегда одинаковое снятіе заряда, а отъ различныхъ листовъ—разныя величины снятія. Эта несомнѣнная разница въ числахъ доказываетъ, по мнѣнію Струтты, что здѣсь дѣло не въ произвольной ионизации воздуха, а въ радиоактивныхъ эманацияхъ стѣнокъ сосуда. Однако, эта радиоактивность необыкновенно слаба и контрольный опытъ показалъ, что азотокислый уранъ при такой же поверхности, какъ испытанный образецъ наиболѣе активной платины, оказалъ бы дѣйствіе въ 3000 разъ болѣе сильное. Принимая во вниманіе, что радій почти въ 100000 разъ активнѣе урана, невольно напрашивается мысль, не являются ли причиной наблюдаемой активности просто мель-

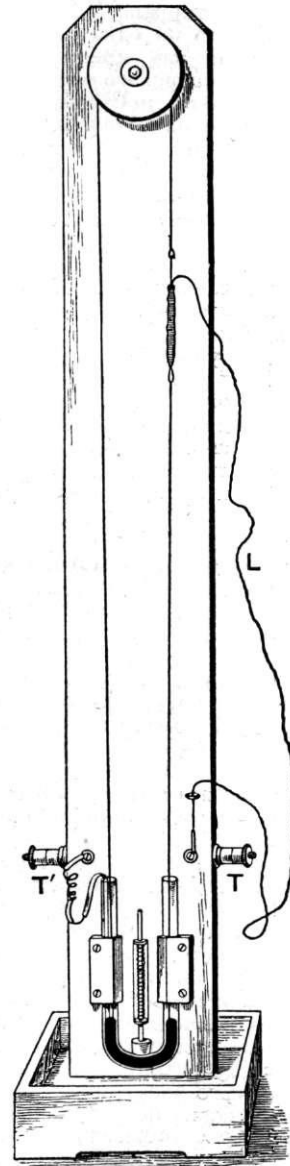
чайшія крупинки радія, случайно попавшія на испытываемыя тѣла? Рѣшить этотъ вопросъ можно только, изслѣдовавъ природу испускаемыхъ разными тѣлами лучей. Струттъ и попробовалъ это сдѣлать, воспользовавшись для изслѣдованія поглощеніемъ лучей воздухомъ. Тутъ оказалось, что поглощаемость лучей, испускаемыхъ разными матеріалами различна и даже для отдѣльныхъ образцовъ одного и того же вещества лучи отличаются не только по количеству, но и по качеству. Между прочимъ, лучи, испускаемые оловомъ и цинкомъ, оказались похожими на α -лучи урана, но всетаки замѣтно отъ нихъ отличающимися. Такой результатъ заставляетъ склониться къ мысли о самостоятельности активности изслѣдованныхъ матеріаловъ. Къ весьма интереснымъ результатамъ въ томъ же направленіи пришли Эльстеръ и Гейтель. Имъ уже давно удалось показать, что воздухъ въ погребкахъ, глубокихъ ямахъ и шахтахъ гораздо болѣе ионизированъ, чѣмъ на поверхности земли. До сихъ поръ оставался только нерѣшеннымъ вопросъ о происхожденіи этой ионизации. Напрашивались два предположенія: или воздухъ самъ обладаетъ способностью становиться радиоактивнымъ, или источникомъ находящихся въ немъ, повидимому, эманацийъ является земля. Однако, въ случаѣ правильности перваго предположенія радиоактивность воздуха въ любомъ мѣстѣ въ погребкахъ должна быть одна и таже, между тѣмъ поставленные Эльстеромъ и Гейтелемъ опыты показали обратное. Измѣренія проводимости воздуха въ разныхъ мѣстахъ Германіи дали весьма различныя значенія. Такимъ образомъ составъ стѣны и пола погребовъ или пещеръ имѣетъ несомнѣнное влияніе на ионизацию находящагося въ нихъ воздуха. Тогда Эльстеръ и Гейтель начали изслѣдовать воздухъ, извлеченный изъ глубины почвы въ разныхъ мѣстностяхъ. Оказалось, что такой воздухъ обладаетъ весьма различными степенями активности, но всегда большими, чѣмъ свободный воздухъ. Наконецъ Эльстеръ и Гейтель подвергли изслѣдованію образцы самой почвы. Оказалось, что они очень сильно активны. Отдѣляя разныя составныя части почвы, наблюдатели, получили глину, активность которой сначала ослабла, но затѣмъ, черезъ короткій промежутокъ времени опять достигла прежней величины. Повидимому, въ этой глинѣ находилось какое то активное вещество, которое, однако, не удалось выдѣлать. Изслѣдованія на радиоактивность мѣла, морской и карлсбадской соли, тяжелаго шпата, дали отрицательные результаты. Только горшечная глина показала какъ будто легкую активность. Такимъ образомъ, въ землѣ, повидимому, находится какое то радиоактивное вещество, связанное съ глинистыми составными частями ея. Эти наблюденія находятъ подтвержденіе въ работѣ Кука, который замѣтилъ ясно выраженную активность въ кирпичкахъ. Интересно, что выдѣляющийся изъ большой глубины на вулканической почвѣ углекислый газъ обладаетъ ясно выраженной радиоактивностью, между тѣмъ какъ добываемый обычнымъ путемъ совершенно неактивенъ. Любопытенъ также еще одинъ опытъ Эльстера и Гейтеля. Они помѣщали въ вырытыхъ въ землѣ ямахъ разныя вещества, заключенныя въ полотняный мѣшокъ, и оставляли ихъ на нѣсколько недѣль. По прошествіи этого срока изъ всѣхъ веществъ только глина стала радиоактивной. Радиоактивность эта была наведенной; такъ какъ съ теченіемъ времени уменьшалась. И такъ, несомнѣнно, что въ землѣ заключаются какія то радиоактивныя вещества, опредѣлить которыя является интересной, но трудной задачей. Наблюденія Эльстера и Гейтеля подтверждаются и работами Макъ-Леннана. Изслѣдуя радиоактивность воздуха близъ поверхности земли онъ замѣтилъ, что послѣ выпаденія снѣга она рѣзко уменьшается и въ то же время снѣгъ,—главнымъ образомъ его нижняя поверхность,—является активнымъ. Прикрывая поверхность земли, онъ защищаетъ воздухъ отъ про-

никания радиоактивных эманаций и принимает их в себя. Почти так же, но в болѣе слабой степени дѣйствует и дождь. Всѣ эти изслѣдованія еще слишкомъ новы, чтобы изъ нихъ можно было вынести какіе нибудь несомнѣнные и опредѣленные взгляды на радиоактивность, но продолженіе ихъ, навѣрное, будетъ содѣйствовать проясненію нашихъ взглядовъ на этотъ все еще темный и неопредѣленный вопросъ.

Объ уменьшеніи вѣса радія. Въ концѣ прошлаго 1902 года Гейдвейлеръ сообщил сенсационную новость: онъ нашелъ, что находившійся въ его распоряженіи препаратъ радія медленно убываетъ въ вѣсѣ. Уменьшеніе вѣса радія было довольно замѣтное при чувствительныхъ вѣсахъ, именно 5000 mgr. соли радія теряли ежедневно въ вѣсѣ 0,02 mgr. Это наблюденіе довольно долгое время оставалось непровѣреннымъ. Между тѣмъ, чувствовалась настоятельная потребность въ его провѣркѣ, такъ какъ, еслибы оно оказалось вѣрнымъ, то можно было бы вывести отсюда интересныя и важныя слѣдствія о свойствахъ радія и объ источникахъ огромной энергии, непрерывно излучаемой имъ. Наконецъ, въ июлѣ текущаго года появилась полная работа Эрнста Дорна. Онъ не располагалъ такимъ огромнымъ (относительно) количествомъ радія, какъ Гейдвейлеръ, и пользовался при своихъ опытахъ всего 29,9 mgr. радіевой соли (бромистаго радія). Опыты были поставлены весьма тщательно. Радиоактивная соль была запаяна внутри стеклянной трубочки, подвѣшенной на проволоку къ привѣсному крючку весьма точныхъ вѣсовъ. На второй крючокъ была такъ же подвѣшена точно такая трубочка, наполненная частью пескомъ и запаянная. Вѣсы были тщательнѣйшимъ образомъ защищены отъ всякихъ постороннихъ вліяній посредствомъ двойного цинковаго футляра съ закрытымъ стеклянной пластинкой отверстиемъ для отсчета положенія при помощи зрительной трубы. Подъ чашки вѣсовъ были положены трубочки съ хлористымъ радіемъ для снятія могущихъ на нихъ оказаться статическихъ зарядовъ. При каждомъ взвѣшиваніи наблюдались показанія барометра и психрометра, однако невозможно было подмѣтить никакого вліянія сырости и воздушнаго давления. Опыты продолжались съ 23 декабря 1902 г. по 10 апрѣля 1903 г. н. ст. За все это время радіевая соль потеряла въ вѣсѣ не болѣе 0,001 mgr. Еслибы наблюденія Гейдвейлера были вѣрны, то 30 mgr. соли Дорна должны были бы потерять за время его наблюденій 0,011 mgr., т. е. величину при его средствахъ вполнѣ замѣтную. Столько должно было бы быть, еслибы активность радія Дорна была равна активности радія Гейдвейлера. На самомъ же дѣлѣ она была по крайней мѣрѣ въ десять разъ больше, а слѣдовательно и потеря въ вѣсѣ должна была бы быть больше. Не нужно забывать, что Дорнъ заключалъ свой радій въ стеклянную трубку. Поэтому онъ выводитъ, какъ слѣдствіе изъ своей работы, слѣдующее: наблюденное Гейдвейлеромъ уменьшеніе въ вѣсѣ радія не можетъ быть отнесено на долю пронизывающихъ стекло лучей его (β и φ лучи). Дальнѣйшіе опыты могутъ только показать, на долю чего слѣдуетъ отнести эту потерю. Въ настоящее время Гейдвейлеръ собралъ уже значительный матеріалъ по этому поводу, но еще не опубликовалъ его. (Phys. Ztschr.).

Простой реостатъ. Въ Phil. Mag. (июль 1903 г.) Сирль описываетъ реостатъ очень простаго устройства, который далъ на практикѣ удовлетворительные результаты. Этотъ реостатъ состоитъ изъ довольно высокой деревянной стойки (фиг. 12), на верхнемъ концѣ которой укрѣплено колесико съ желобкомъ. Черезъ это колесико перекинута тонкая проволока изъ платиноида, которая проходитъ черезъ U образную трубку, наполненную ртутью и соединенную съ зажимомъ T'. Токъ проходитъ черезъ ртуть по правой

сторонѣ платиновой проволоки къ зажиму T черезъ проволоку L. Токъ не можетъ пойти съ другой стороны чрезъ колесико, такъ какъ часть проволоки съ этой стороны замѣнена шелковымъ шнуркомъ. Отсюда ясно, что сопротивление прибора зависитъ только



Фиг. 12.

отъ высоты соединенія проволоки изъ платиноида съ проволокой L. Проволока изъ платиноида удерживается въ натянутомъ состояніи при помощи пружины. Проволока въ 0,015 англійскихъ линий можетъ смѣло выдержать 2 ампера безъ значительнаго нагреванія. Поднявъ соединеніе L на 165 ст. мы можемъ получить сопротивление до 6 омовъ. (Electrician 1903 г.).

БИБЛИОГРАФІЯ.

Construction und Prüfung der Elektricitätszähler, von A. Königswerther, Ingenieur. Docent für Elektrotechnik am Technicum Stadtsulza.

Mit 362 Abbildungen. Hannover. Verlag v. Gebrüder Jänecke.

А. Кенигсвертеръ. Устройство и повѣрка электрическихъ счетчиковъ. Ганноверъ. 1903. 328 стр. въ 8 д. л. Ц. 9 мар. (=4,50 рб.).

Эта книга отличается своею полнотою и тщательностью обработки материала. Можно сказать, что отъ автора не ускользнула ни одна работа, касающаяся счетчиковъ, ни одна изъ предложенныхъ системъ. Послѣ общаго теоретическаго введенія, касающагося вопросовъ о мощности постоянного, переменнаго однофазнаго и трехфазнаго токовъ, мы находимъ списокъ общихъ требованій, предъявляемыхъ къ хорошему счетчику. Затѣмъ идетъ разсмотрѣніе отдѣльныхъ системъ счетчиковъ: самопишущіе счетчики, съ периодической регистраціей, электрохимическіе. Затѣмъ счетчики съ непрерывнымъ движеніемъ; электродинамическіе, электромагнитные, индукціонные, снабженные маятниками или колеблющимися частями счетчики времени. Особая глава посвящена счетчикамъ для сѣтей, питаемыхъ аккумуляторами, для трамваевъ, для указанія максимальнаго потребленія энергіи. Последняя часть посвящена вопросу о вывѣркѣ счетчиковъ, причѣмъ онъ трактуется особенно подробно. Вдаваться въ детали книги Кенигсвертера не приходится, но смѣло можно рекомендовать ее всякому, кто хочет основательно ознакомиться съ теоріей и практикой электрическихъ счетчиковъ.

Dr. Teichmüller. Les canalisations électriques. Première partie. **Fonctionnement et calcul des canalisations à courant continu.** Traduit de l'allemand par **P. Breuil.** Paris. Librairie Ch. Béranger. 1902.

І. Тейхмюллеръ. Электрическіе проводки. Часть I. Расчетъ и работа распределеннаго постоянного тока. Переводъ съ нѣмецкаго инж. **П. Брейля.** Парижъ. 1902. 347 стр. въ 8 д. л. Ц. 15 фр. (-6 рб.).

Разсматриваемое изданіе является французскимъ переводомъ извѣстнаго сочиненія проф. Тейхмюллера.

Первая часть этого труда разбираетъ вопросъ о расчетѣ и дѣйствіи электрическихъ проводокъ постоянного тока.

Авторъ разбираетъ послѣдовательно случаи послѣдовательнаго и параллельнаго распределенія, начиная съ болѣе простыхъ и кончая уравнительными проводками, теорія и расчетъ коихъ изложены къ сочиненію пр. Тейхмюллера *). Хотя сочиненіе проф. Тейхмюллера, какъ видно изъ предисловія, и предназначается для студентовъ, тѣмъ не менѣе оно необходимо для всякаго электрика. Переводъ сдѣланъ весьма хорошо. Изданіе безукоризненное.

Die Krankheiten elektrischer Maschinen. Kurze Darstellung der Störungen und Fehler an Dynamomaschinen, Motoren und Transformatoren für Gleichstrom, ein- und mehrphasigen Wechselstrom für den praktischen Gebrauch der Installateure von **Ernst Schultz,** Civilingenieur. Hannover. Verlag von Gebrüder Jänecke. 1903. Preis Mk. 2,50.

Болѣзни электрическихъ машинъ. Краткое объясненіе поврежденій и конструктивныхъ ошибокъ въ динамомашинахъ, двигателяхъ и трансформаторахъ постоянного, однофазнаго и многофазнаго тока. Практическое руководство при эксплуатациіи, инженера **Э. Шульцъ.** Ганноверъ. 1903. 50 стр. въ $\frac{1}{16}$ д. л. съ 43 фигурами въ текстѣ. Цѣна около 1 р. 50 к.

*) Съ этой частью наши читатели знакомы по русскому переводу ея, изданному журналомъ «Электричество».

Литература по вопросу о неисправностяхъ электрическихъ машинъ въ настоящее время уже довольно обширна, но она разбросана по различнымъ справочнымъ книгамъ, руководствамъ для установщиковъ и техническимъ журналамъ. Заслуга инженера Шульца и заключается въ томъ, что онъ собралъ весь этотъ матеріалъ и опираясь на свою продолжительную практику изложилъ его съ большою обстоятельностью. Намъ впервые приходится встрѣчать описаніе неисправностей и неправильнаго включенія реостатовъ, на которые, по причинѣ ихъ конструктивной простоты, часто слишкомъ мало обращаютъ вниманія, несмотря на ту отвѣтственную роль, которую эти приборы играютъ на большихъ установкахъ. Руководство изложено вполне популярно, благодаря чему, а также его полнотѣ, станетъ, вѣроятно, настольной книгой всякаго, имѣющаго дѣло съ машинами. Мы слышали, что редакція журнала «Электротехникъ» предприняла изданіе этой книги на русскомъ языкѣ.

Г. III.

К. Гофманъ. Радій и его лучи. Переводъ съ нѣмецкаго Ф. Н. Индрикса подъ редакціей проф. И. И. Боргмана. Русское 2-е, измѣненное и значительно дополненное изданіе. С.-Петербургъ. 1903.

Въ нашемъ журналѣ (см. Э-во № 9—11 стр. 158) было уже помѣщена рецензія на первое изданіе «Радія и его лучей». Второе изданіе является, дѣйствительно, дополненнымъ по сравненію съ первымъ. Книгѣ предпослано введеніе, трактующее объ электролизѣ и о прохожденіи тока черезъ газы. Введеніе это рассчитано, очевидно, на читателя, приступающаго къ чтенію книги безъ всякихъ предварительныхъ свѣдѣній изъ ученія объ электрическомъ токѣ. Однако, нельзя не признать, что для такого «введенія» изложено слишкомъ кратко и врядъ ли онъ много оттуда вынесетъ. Особенно страдаетъ краткостью, а потому и неясностью, отдѣлъ о прохожденіи электрическаго тока чрезъ разряженные газы. Изъ изложенія переводчика неподготовленный читатель совершенно не пойметъ разницы между явлениями гейслеровой и круковской трубки; весьма слабо обоснованнымъ является положеніе, что «приведенныя явленія» заставляють принять катодныя лучи состоящими изъ потока отрицательно заряженныхъ частицъ (стр. 9). Кромѣ этого введенія, въ книгѣ сдѣлано довольно много ссылокъ на работы о радиоактивныхъ веществахъ, появившія послѣ выхода перваго изданія. Интересно только, почему напр. объ опытахъ Curie и Laborde'a надъ излучаемой радіемъ теплотой подробно разсказывается дважды (стр. 33 и 68)? Замѣчу, между прочимъ, что повышенная на $1,5^{\circ}$ относительно окружающей среды температура радія еще не обуславливаетъ выдѣленія именно 100 м. кил. въ часъ, какъ то дважды повторяетъ переводчикъ. Мало понятнымъ и фактически неточнымъ является примѣчаніе объ α и β лучахъ на стр. 18—19.

Къ книгѣ приложена ввидѣ прибавленія статья Е. С. Лондона о физиологическомъ значеніи радія. Здѣсь изложены извѣстные опыты дѣйствія радія на животныхъ и произведенные самимъ авторомъ изслѣдованія восприимчивости сѣтчатки человѣческаго глаза въ здоровомъ и больномъ состояніи къ радіевымъ лучамъ. Въ общемъ, второе изданіе «Радія и его лучей» значительно полнѣе перваго, но общій характеръ книги оставался тотъ же. Замѣчу, между прочимъ, что многіе мелкіе недостатки, отмѣченные предыдущимъ рецензентомъ въ первомъ изданіи, остались и во второмъ безъ измѣненія.

С. М.

РЕДАКТОРЪ А. И. Смирновъ.