

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Электрическая передача энергіи водопада
Лавола, въ Финляндіи, въ г. Выборгъ.

Докладъ А. Номара*).

Въ живописной долинѣ р. Вилаюки, берущей свое начало изъ озера Пукалусіерви, встрѣчаются мѣста, гдѣ рѣка несетъ свои воды со значительнымъ паденіемъ. Одно изъ наибольшихъ паденій образуется водопадомъ Лавола, получив-

трической энергіи и передачи ея въ Выборгъ на разстояніе въ 30 километровъ.

На генераторной станціи (фиг. 2) имѣются двѣ двойныхъ турбины американской системы «Ахиллесъ». При 390 оборотахъ въ минуту каждая турбина развиваетъ до 280 действительныхъ силъ. Рабочія колеса турбинъ, діаметромъ 18 дюймовъ, по два на каждую турбину, расположены на общей горизонтальной оси *ab* (фиг. 3) и заключены въ желѣзныхъ кожухахъ. У каждой



Фиг. 1. Видъ водопада до устройства станціи.

шимъ свое название отъ деревни того-же имени, вблизи которой онъ помѣщается. Часть водопада видна на фиг. 1.

Слѣдя общему въ промышленности стремлению къ утилизациіи даровыхъ силь природы, Акционерное Общество Электричества, бывшее Павель Валь, пріобрѣло еще въ 1899 году въ собственность водопадъ Лавола, гдѣ нынѣ устроило гидроэлектрическую станцію съ цѣлью полученія элек-

турбины имѣется автоматический регуляторъ на постоянное число оборотовъ. Отъ русла рѣки, запруженной въ мѣстѣ начала водопада, вода направляется къ турбинамъ по деревянному каналу*) (фиг. 4) длиной около 130 метровъ съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 6 кв. метровъ. Каналъ этотъ оканчивается надъ зданіемъ турбинъ, при чёмъ вода изъ него подводится къ турбинамъ черезъ двѣ желѣзныхъ вертикальныхъ трубы *II*.

*) Въ засѣданіи Электротехническаго Общества, 3 Декабря 1901 г.

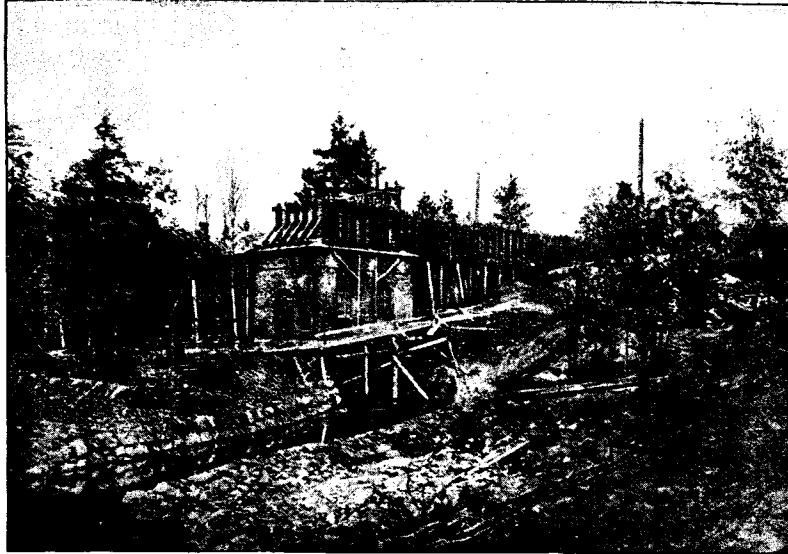
Вологодская областная универсальная научно-техническая библиотека

(фиг. 3), диаметромъ каждая въ 5 футъ. Вода поступаетъ въ турбины съ наденіемъ въ 12,3 метра.

Среднее количество поступающей воды соотвѣтствуетъ развивающимъ на осяхъ турбинъ 550 дѣйствительнымъ лошадинымъ силамъ при полной нагрузкѣ. Постоянство расхода воды обезпечивается громаднымъ резервуаромъ озера Пукалусіерви,

во время маловодья рѣки. Запасъ воды, искусственно скопленный въ озерѣ, можетъ представить въ теченіи 100 дней дополнительный источникъ, равный одному куб. метру въ секунду.

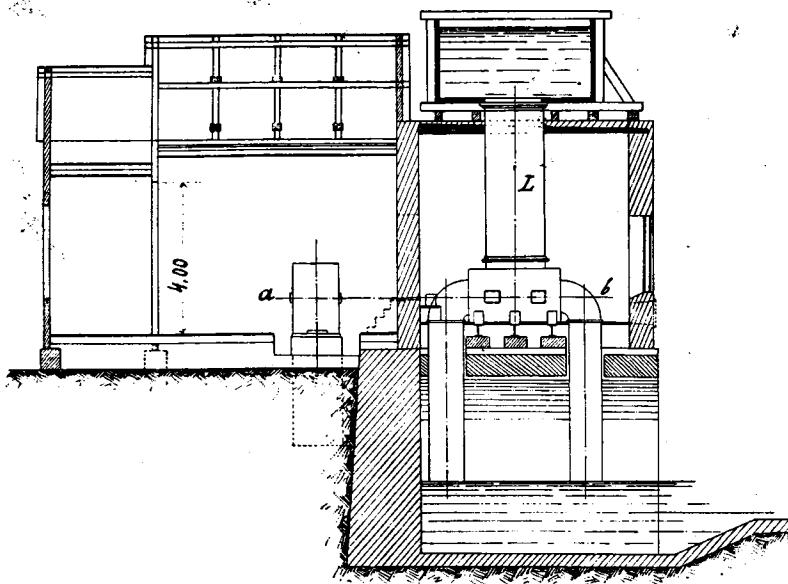
Вода, отработанная въ турбинахъ, уходитъ въ отводную канаву по четыремъ желѣзнымъ трубамъ, по двѣ на каждую турбину (фиг. 5).



Фиг. 2. Видъ генераторной станціи съ водопроводнымъ и водоотводнымъ каналами.

имѣющаго 8 километровъ длины и $1\frac{1}{2}$ километра ширины. Въ полую воду уровень воды въ озерѣ можетъ быть искусственно повышенъ на 1 метръ, относительно уровня р. Вилаюки, при помощи

въ машинномъ отдѣленіи, которое въ виду сравнительно небольшой величины всего устройства—деревянное, помѣщаются два генератора трехфазнаго тока. Генераторы вертикального типа



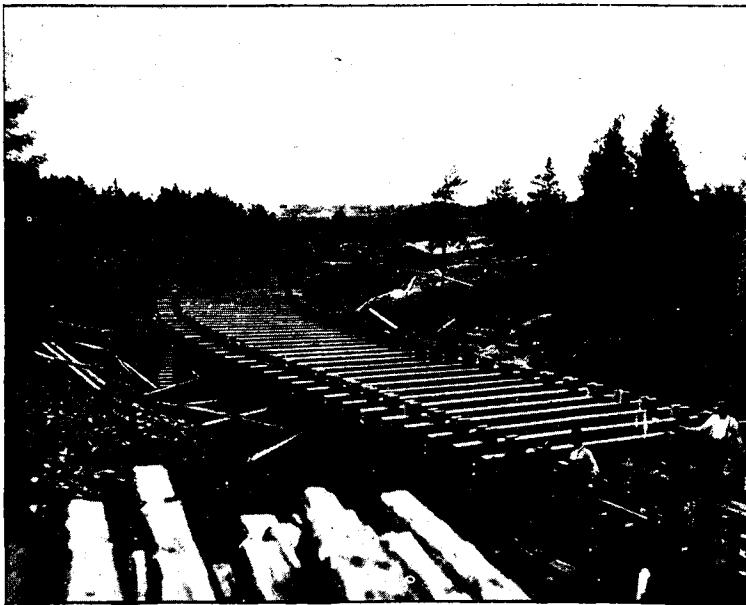
Фиг. 3. Разрѣзъ станціи по оси одной изъ трубъ L.L.

второй запруды, расположенной въ мѣстѣ истока воды изъ озера. Озеро съ повышеннымъ уровнемъ воды удерживаетъ запасъ въ 4 миллиона куб. метровъ воды, каковую можно расходовать

сидѣть на одной общей оси съ соотвѣтствующей каждому турбиной и развиваются каждый, при 390 оборотахъ въ минуту, 185 киловаттъ трехфазнаго тока, напряженіемъ въ 15000 вольтъ.

Трехфазные альтернаторы построены въ Выборгѣ фирмой бывшой Павель Валь и К° по привилегии инженера I. Сольмана. Всѣ обмотки генераторовъ неподвижны; вращающаяся часть состоить только изъ желѣза и стали и имѣть

суть обмотки двухъ типовъ: обмотки малаго напряженія, питаемыя токомъ возбудителя и обмотки большого напряженія, посылающія трехфазный токъ въ 15000 вольтъ въ линію. Катушки разныхъ напряженій отдѣлены другъ отъ



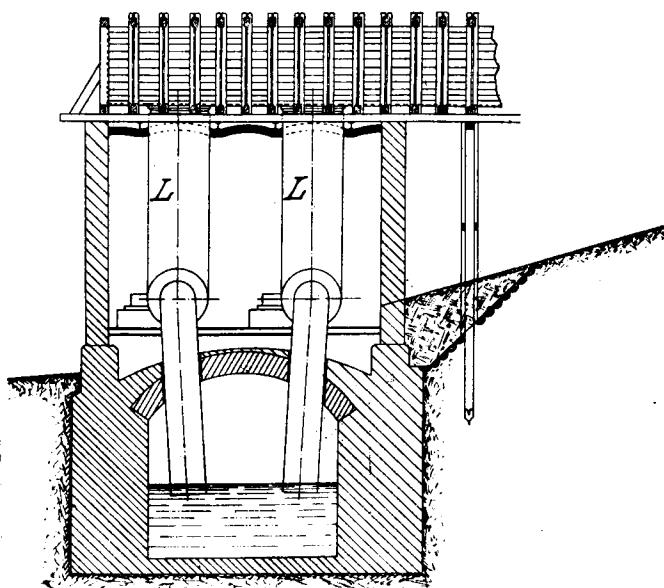
Фиг. 4. Видъ водопроводнаго канала во время постройки.

форму звѣзды съ 8-ю полюсными наконечниками. Эти наконечники изготовлены изъ листового желѣза, и при вращеніи индуктора замы-

друга надежной изолирующей прокладкой. Катушки для возбужденія поддерживаются цинковыми пластинками, притянутыми къ чугунному остову машины мѣдными болтами. Возможность сдѣлать катушки неподвижными позволила построить генераторы высокаго напряженія и получить такимъ образомъ экономію въ передачѣ. Число периодовъ тока въ сѣкунду—50. Всѣ генератора равенъ 18 тоннамъ.

Смазка генераторовъ кольцевая, при чемъ она подается насосомъ съ такимъ приспособленіемъ, чтобы въ случаѣ необходимости можно было охлаждать масло особымъ холодильникомъ, въ которомъ циркулируетъ холодная вода и охлаждаетъ масло. Охлажденіе смазки является важнымъ въ генераторахъ высокаго напряженія, имѣя въ виду продолжительность работы съ ними при гидравлической установкѣ. Генераторы имѣютъ каждый свой возбудитель постояннаго тока, присоединенный непосредственно къ оси генератора и расчитанный такъ, что одинъ возбудитель достаточенъ для обоихъ генераторовъ. Распределительные доски имѣютъ обыкновенное въ даннаго вида установка устроиство. Всѣ части, проводящія токи высокаго напряженія, установлены въ особомъ отдѣленіи за досками и для измѣрительныхъ приборовъ всѣ токи трансформированы на низкое напряженіе; такимъ образомъ на распределительной доскѣ имѣются только приборы и рукоятки вполнѣ безопасныя.

На станціи имѣется достаточное число громе-



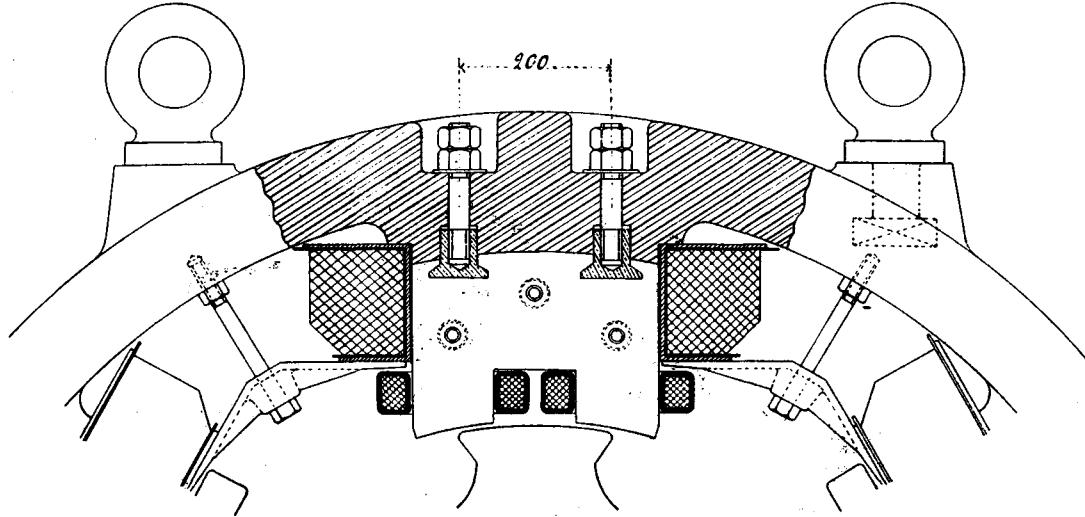
Фиг. 5.

каютъ собой магнитное поле въ двухъ диаметрально-противоположныхъ выступахъ арматуры; зубцы или выступы неподвижной арматуры не-

отводовъ и предохранителей; послѣднія состоять изъ серебряной проволоки, заключенной въ стеклянной трубкѣ и помѣщенной въ азбестовой набивкѣ, кромѣ средней части проволоки.

Отъ генераторовъ идетъ линія высокаго на-

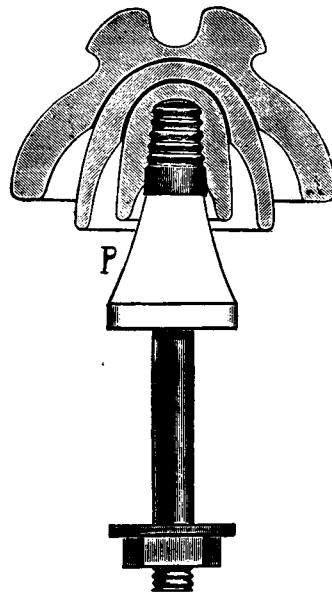
мѣстахъ переѣздовъ или большихъ переходовъ черезъ дороги, а также при пересѣченіи линій телеграфными или телефонными линіями, провода ограждены со всѣхъ сторонъ предохранительными сѣтками и на послѣдніхъ двухъ кило-



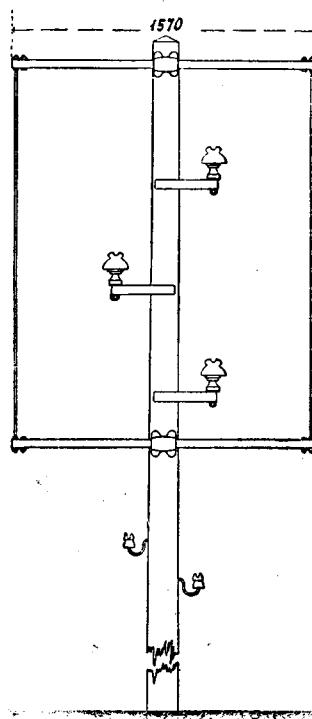
Фиг. 6. Рааръзъ верхней части генератора.

пряженія, длиной въ 28 километровъ, до трансформаторной будки, построенной во рву центральныхъ укрѣплений г. Выборга. Линія эта воздушная, проложена на специальныхъ фарфоровыхъ изоляторахъ (фиг. 7), укрѣпленныхъ желѣзными крючьями на деревянныхъ столбахъ и состоитъ изъ трехъ проводовъ твердотянутой мѣ-

метрахъ передъ Выборгомъ провода снабжены 4-мя предохранительными стальными проволоками,



Фиг. 7. Р—фарфоръ.



Фиг. 8.

ди диаметромъ 4,1 мм. На всемъ протяженіи линіи въ мѣстахъ, поросшихъ лѣсомъ, прорублены про- сѣки, шир. 25 метровъ, чѣмъ провода ограждены отъ поврежденій въ случаѣ паденія дерева. Въ

изъ коихъ двѣ протянуты выше проводовъ и двѣ ниже; каждый столбъ снабженъ желѣзной рамой, окружающей проводникъ, на случай паденія провода съ изолятора. Сѣтки, рамы и предохра-

нительные проволоки соединены съ землей. Всѣ провода, какъ телефонные такъ и телеграфные, встрѣчающіе провода высокаго напряженія, проходятъ ниже послѣднихъ, такъ что слукаевъ паденія телефонныхъ проводовъ на провода высокаго напряженія быть не можетъ. На фиг. 8 показано устройство рамки съ предохранительными проволоками.

Воздушная линія входитъ въ трансформаторную будку, въ коей имѣются трансформаторы для пониженія напряженія съ 15000 вольтъ на 2000 вольтъ. Часть послѣдняго, посредствомъ вторичныхъ трансформаторовъ, можетъ быть преобразована въ трехфазный токъ, напряженіемъ 110 или 220 вольтъ для распределенія по городу для цѣлей освѣщенія. Отъ трансформаторной будки до центральной станціи въ городѣ проложенъ подземный кабель; это трехжильный кабель съ фибровой изолировкой; каждая жила имѣеть толстый слой изолировки изъ специальной бумаги; кабель заключенъ въ двойную свинццовую оболочку и покрытъ снаружи броней.

На центральной станціи находятся два вращающихся трансформатора, каждый мощностью въ 75 киловаттъ, дающихъ возможность снабжать уже давно существующую въ г. Выборгѣ 3-хъ проводную сѣть постояннаго тока (напряженія 2×110 вольтъ) energiей отъ водопада.

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія всей передачи опредѣляется изъ слѣдующихъ данныхъ:

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія турбинъ при полной нагрузкѣ. 70%

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія генераторовъ, включая потерю на возбужденія при полной нагрузкѣ. 91%

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія воздушной линіи высокаго напряженія при полной нагрузкѣ 92%

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія трансформаторовъ, включая затрату энергіи на охлажденіе ихъ вентиляторами. 97,6%

Стоимость всего устройства передачи съ пріобрѣтеніемъ водопада, отчужденіемъ земельныхъ участковъ, постройками и проч. составляетъ около 150000 рублей.

Около водопада Лавола помѣщается небольшой лѣсопильный заводъ и мельница, кои для своей работы пользуются токомъ въ 500 вольтъ, получаемымъ отъ динамомашины постояннаго тока въ 20 лош. силь, приводимой въ движение одной изъ двухъ турбинъ, независимо отъ описанныхъ генераторовъ.

Сравненіе различныхъ системъ питанія energiей длинныхъ сѣтей электрическихъ желѣзныхъ дорогъ.

Питаніе сѣти трамваевъ, отъ одной центральной станціи въ 600 вольтъ ведеть часто къ очень большимъ расходамъ на мѣдь, если эта сѣть является длинною.

Въ такомъ случаѣ вопросъ питанія можетъ имѣть слѣдующія рѣшенія:

1. Питаніе сѣтей отъ нѣсколько отдѣльныхъ станцій.

2. Одна центральная станція высокаго напряженія и рядъ подстанцій, трансформирующихъ это высокое напряженіе.

3. Непосредственное питаніе линіи трехфазными токами, отъ одной центральной станціи высокаго напряженія, преобразуемыми рядомъ трансформаторовъ, расположенныхъ вдоль линіи.

Существуютъ также и другие способы, служащіе для увеличенія района дѣйствія станціи, но въ значительно меньшей степени,—а именно, употребленіе повысителей напряженія для питательныхъ проводовъ (фидеровъ), питающихъ удаленные отъ станціи точки; пользованіе трехпроводной системой; примѣненіе аккумуляторныхъ батарей въ отдаленныхъ точкахъ сѣти.

Повысителеми напряженія увеличиваютъ напряженіе въ питательныхъ проводахъ, для того, что бы можно было допустить большее паденіе напряженія въ нихъ. Благодаря ихъ примѣненію, уменьшаются сѣченія проводовъ, а, слѣдовательно, и первоначальные расходы на устройство. Этотъ способъ особенно полезенъ въ томъ случаѣ, когда существуютъ большія колебанія нагрузки,—но, даже и въ этомъ случаѣ, районъ дѣйствія станціи не увеличивается значительно.

Трехпроводная система можетъ имѣть успѣхъ лишь при примѣненіи рельса въ качествѣ третьяго провода. Но такимъ образомъ лишаются лучшаго провода, т. е. обратнаго въ двухпроводной системѣ, такъ какъ сопротивленіе рельса при хорошихъ стыкахъ бываетъ ниже сопротивленія линіи мѣдныхъ проводовъ. Отъ примѣненія трехпроводной системы получается экономія мѣди не болѣе 20%. Аккумуляторные станціи представляютъ ту выгоду, что энергія, утилизируемая лишь t часовъ въ сутки, можетъ получаться въ теченіи 24 часовъ. Если подстанція должна отдавать K киловаттъ въ продолженіи t часовъ, то центральная станція должна давать ей (принимая во вниманіе потери въ аккумуляторахъ) $1,1 K t$ киловаттъ-часа въ 24 часа, вслѣдствіе чего мы дѣляемъ экономію въ мѣди въ отношеніи

$$\left(\frac{1,1 t}{24} \right)^2.$$

Но на большинствѣ линій служба продолжается 17 часовъ въ сутки и сберегаютъ лишь 40% на мѣди и то только для удаленныхъ отъ станціи точекъ, что въ общемъ даетъ лишь 20%,—экономія, неоправдывающая примѣненіе аккумуляторной батареи. Съ другой стороны, система эта не даетъ значительного увеличенія длины сѣти.

Разсмотримъ теперь предѣлы, въ коихъ могутъ примѣняться три вышеупомянутыя системы. Для облегченія рѣшенія вопроса зададимся нѣсколькими предположеніями. Во-первыхъ, предположимъ линію достаточно прямую, для того чтобы не имѣть необходимости выбирать для питательныхъ проводовъ отличное отъ линіи направление. Затѣмъ, предположимъ, что нагрузка распределена равнomoрно по всей линіи. Обозначимъ чрезъ L длину этой линіи, въ километрахъ; чрезъ a — полную нагрузку, въ киловаттахъ. Величина a измѣняется въ небольшихъ предѣлахъ.

Если поезда следуют чрезъ промежутки времени τ минутъ со скоростью γ километровъ въ часъ, то въ каждый моментъ на линіи движутся

$$N = \frac{2L_{160}}{\gamma\tau} \text{ поездовъ.}$$

Если поездъ потребляетъ W киловаттъ, то

$$\alpha L = NW;$$

$$\text{откуда } \alpha = \frac{NW}{L} = \frac{120W}{\gamma\tau}$$

Мощность W , потребляемая однимъ поездомъ, можетъ быть представлена чрезъ

$$W = fG\gamma,$$

гдѣ f —коэффиціентъ тяги, въ килограммахъ на тонну. Слѣдовательно,

$$\alpha = \frac{120}{\gamma\tau} fG\gamma = \frac{120/G}{\tau}.$$

Скорость γ , слѣдовательно, имѣть вліяніе на α только чрезъ коэффиціентъ тяги f , который растетъ со скоростью. Точно также существуетъ нѣкоторое соотношеніе между вѣсомъ поезда G и промежуткомъ времени τ , такъ какъ, чѣмъ тяжелѣе (чѣмъ болѣе нагружены) поезда, тѣмъ они рѣже будутъ ходить. Если G и не пропорціонально τ , то, во всякомъ случаѣ, они зависятъ одна отъ другой.

Отыщемъ теперь предѣлы измѣненія α . Мы разсмотримъ выраженіе

$$\alpha = \frac{120W}{\gamma\tau}.$$

По опытамъ Билля (Bill), поездъ вѣсомъ въ 64 тонны, идущій со скоростью 27,2 км. въ часъ, потребляетъ 65,2 киловатта. Такіе поезда ходятъ не чаще, чѣмъ чрезъ 20 минутъ. Слѣдовательно, имѣемъ

$$\alpha = 14,4 \text{ к.-в. на км.}$$

Для трамвая, потребляющаго 6 киловаттъ на вагонъ и идущаго со скоростью 12 км. въ часъ, при $\tau = 10$ мин., будемъ имѣть $\alpha = 5$. Отсюда видно, что, въ среднемъ, α мѣняется отъ 5 до 15.

При сравненіи различныхъ системъ обозначимъ чрезъ K_1 —расходы по содержанию вторичныхъ линій на километръ—годъ (или въ первомъ случаѣ всѣхъ линій);

K_2 —расходы на трансформированіе, расчетанные на единицу длины.

K_3 —расходъ, относящийся къ линіямъ высокаго напряженія; и

K_4 —расходъ на потерю энергіи, происходящую отъ замѣнъ одной большой нѣсколькими малыми станціями.

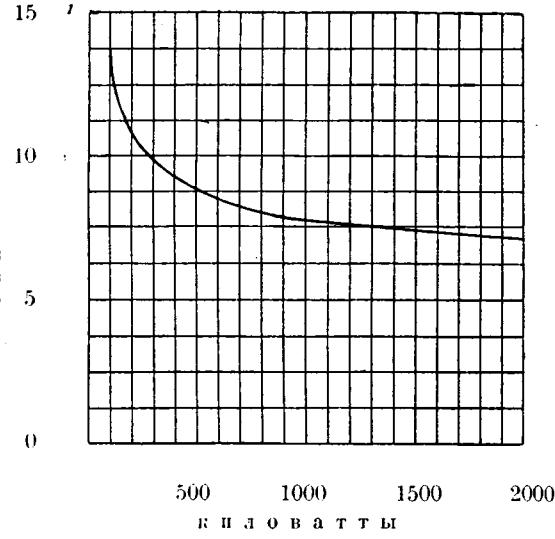
Для опредѣленія этой послѣдней цифры необходимо знать стоимость киловаттъ-часа. Кривая фиг. 1 поясняетъ это. Эта кривая предполагаетъ движение въ продолженіи 17 часовъ въ сутки и утилизацию 60% емкости станціи. Она зависитъ весьма мало отъ мѣстныхъ условій. Такъ, киловаттъ-часъ на станціи, мощностью въ 750 киловаттъ, стоитъ согласно этой кривой, 8,25 сантима, составляющихъ слѣдующимъ образомъ:

Уголь	3	сантима
Масло.	0,75	"
Личный составъ.	0,5	"
Погашеніе капитала и т. п.	4,0	"
8,25 сантима.		

Если цѣна угля измѣняется на 20%, то стоимость киловаттъ-часа мѣняется лишь на 7,3%. Такъ какъ эта послѣдняя стоимость вліяетъ лишь на K_4 , которое никогда не бываетъ больше половины всей сравниваемой суммы, то таковая сумма не увеличивается болѣе чѣмъ на 3,7%.

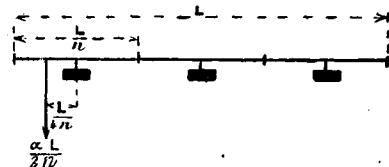
Вологодская областная универсальная научная библиотека

І. Питаніе съти отъ нѣсколькихъ независимыхъ станцій. Пусть n станцій одинаковой мощности распределены вдоль линіи. Дѣло идетъ о томъ, чтобы выбрать число n такъ, чтобы сумма $K_1 + K_4$ была бы минимальной (K_2 и K_3 —ну-



Фиг. 9.

ли). K_1 уменьшается при увеличеніи n , такъ какъ уменьшаются расходы по передачѣ; K_4 увеличивается, такъ какъ цѣна въ киловаттъ-часа увеличивается съ уменьшеніемъ мощности станціи. Путь дѣлится на n частей; въ срединѣ каждой части находится станція, которая питаетъ въ каждомъ направлениі $\frac{L}{2n}$ километра (фиг. 10), которымъ она сообщаетъ $\frac{\alpha L}{2n}$ киловатта на среднее разстояніе въ $\frac{L}{4n}$ метра.



Фиг. 10.

Пусть V напряженіе на распределительной доскѣ; p % вольтъ теряются въ линіи и вслѣдствіе этого напряженіе у зажимовъ двигателя измѣняется отъ V до $V \left(1 - \frac{p}{100}\right)$, и въ среднемъ, равно $V \left(1 - \frac{p}{200}\right)$. Для того, чтобы не усложнять расчета, положимъ $p = 12$. Тогда полезное напряженіе равняется, въ среднемъ, 0,94V.

Сила тока, посылаемаго станціей въ двигатель, равняется, слѣдовательно,

$$\frac{\alpha L \cdot 1000}{n \cdot 0,94V} = 532 \frac{\alpha L}{nV} \text{ амперъ.}$$

Сѣченіе линіи Q дается выражениемъ

$$\frac{p}{100} V = \frac{c'}{Q} \cdot \frac{L \cdot 1000}{n} \cdot 532 \frac{\alpha L}{nV}, \text{ откуда}$$

$$Q = 1,33 \cdot 10 \cdot \frac{c' \alpha L^2}{n^2 p V} \text{ кв. мм., гдѣ}$$

c' —каждущееся сопротивление линии $= 1/46$, оно взято больше сопротивления меди ($= \frac{1}{55}$), для того чтобы ввести сопротивление обратной проводки через рельсы*).

Следовательно, весье меди, в тоннах, равняется LQ . Если δ представляетъ, въ франкахъ, стоимость содержания и погашенія одной тонны меди въ годъ, то расходы на линію равны

$$LK_1 = \frac{LQ\delta}{112}, \text{ откуда}$$

$$K_1 = \frac{1,19 \cdot 10^5 c' \alpha L^2}{n^2 p V^2}.$$

При разсмотрѣніи стоимости теряемой энергіи слѣдуетъ принимать во вниманіе:

1. Стоимость действительно потерянной энергіи

$$\frac{p_a}{100} \alpha L \cdot 365 t \frac{\beta_n}{100};$$

2. Дополнительные расходы, происходящіе отъ большей стоимости киловаттъ- часа на маленькой станціи

$$\alpha L \cdot 365 t \frac{\beta_n - \beta_1}{100}, \text{ где}$$

p_a —потеря энергіи, въ %, t —число часовъ работы въ сутки, β_n и β_1 —стоимость киловаттъ- часа, въ сантимахъ, для n или одной станціи. Стало быть

$$LK_2 = 3,65 \alpha L t \left(\frac{p_a \beta_n}{100} + \beta_n - \beta_1 \right).$$

Окончательно находимъ

$$K_2 = 3,65 \alpha t \left(\beta_n - \beta_1 + \frac{0,7 p}{100} \beta_n \right) **.$$

Для получения β изъ кривой (фиг. 9) надо знать мощность станціи S . Эта мощность больше полезной мощности $\frac{\alpha L}{n}$, съ одной стороны, вслѣдствіе имѣющагося запаса мощности, съ другой стороны, вслѣд-

*) Здѣсь предполагается, что съченіе меди одинаково по всей линіи; вычисление показываетъ, что, предполагая съченіе увеличивающимъся отъ станціи къ концу линіи, получается экономія самое большое въ 10%, которая на практикѣ не превышаетъ 6—6%. Мы предполагаемъ по этому съченіе постояннымъ.

**) Пусть линія съ сопротивлениемъ R , на которой находятся z поѣздовъ на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, расходуетъ ту же силу тока i на поѣздъ. Развличныя части пути проходятся токами соотвѣтственной силы zi , $(z-1)i$, $(z-2)i$ и т. д. Потеря энергіи, въ процентахъ, дается формулой

$$\frac{p_a}{100} V zi = \frac{R}{z} \left[z^2 i^2 + (z-1)^2 i^2 + \dots + 9i^2 + 4i^2 + i^2 \right] = \\ = \frac{R}{z} \cdot i^2 \frac{2(z+1)(2z+1)}{6}.$$

Слѣдовательно

$$p_a = 1000 \frac{R}{6} \frac{i}{V} \frac{(z+1)(2z+1)}{2}$$

Съ другой стороны

$$p = \frac{100 R i}{V} \frac{3+1}{2}, \text{ откуда}$$

$$\frac{p_a}{p} = \frac{2z+1}{2}$$

при $z = 4,5,10$, со имѣемъ $\frac{p_a}{p} = 0,75, 0,73, 0,7, 0,67$, или въ среднемъ

$$p_a = 0,7 p$$

Белгородская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

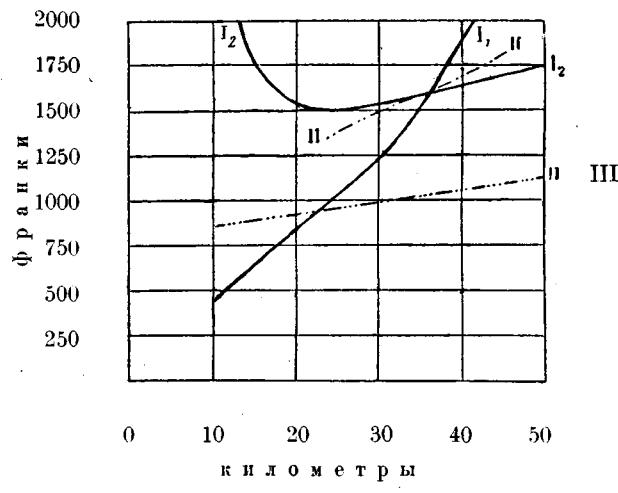
ствѣ потерь въ линіи. Такъ какъ, запасъ имѣетьтъ тѣмъ большее относительное значение, чѣмъ меныше станція и такъ какъ, съ другой стороны, потери въ линіи увеличиваются съ величиной станціи, — мы примемъ, что полезная мощность равна постоянно $0,6$ всей мощности станціи. Слѣдовательно,

$$0,6 S = \frac{\alpha L}{n}$$

$$S = \frac{\alpha L}{0,6n} \text{ киловаттъ.}$$

Предполагая $\alpha = 10 L = 10$ до 50 км; $c' = \frac{1}{46} V = 600 t = 17^{\circ} = 150$ (соответственno цѣнѣ меди въ 2325 франк. за тонну и погашенію капитала изъ 7%); были вычислены для $n = 1$ и $n = 2$ значенія суммы $K_1 + K_2$ и объемы представлены кривыми I_1 и I_2 (фиг. 11). Такимъ образомъ, видно, что до 36 км. (по 18 км. въ каждомъ направлениѣ) можно удовольствоваться одной станціей и что начиная съ этого разстоянія является преимущество имѣть 2 станціи, или же прибѣгнуть къ одной изъ двухъ послѣднихъ системъ, II или III.

II. Система распределенія съ подстанціями.—Энергія, получаемая на одной центральной станціи, посылается подъ высокимъ напряженіемъ на одну или нѣсколько подстанцій, трансформирующихъ ее. Предположимъ передачу энергіи трехфазнымъ токомъ подъ напряженіемъ въ 5000 вольтъ, трансформируемымъ на подстанціяхъ въ постоянный въ 600 вольтъ съ помощью трансформаторовъ и преобразователей. На центральной станціи каждая паровая машина приводитъ въ движение аль-



Фиг. 11.
— I₁ и I₂—Системы I съ 1 или 2 подстанцій.
— II—Система II.
— III—Система III.

тернаторъ высокаго напряженія и динамо постояннаго тока, питающую часть сѣти, ближнюю къ станціи.

Прежде всего разсмотримъ мѣняется ли кривая (фиг. 9). Предположимъ путь длиною $L=35$ км. съ нагрузкой $\alpha = 10$ киловаттъ на километръ и питаемую одной центральной станціей и одной подстанціей. Центральная станція питаетъ непосредственно 25 км. (т. е. 250 киловаттъ) и десять послѣднихъ километровъ трехфазнымъ токомъ. Если пренебречь потерями на трансформированіе и потерями въ линіи высокаго напряженія, то надо имѣть $\frac{250}{0,6} = 417$ киловаттъ постояннымъ и $\frac{100}{0,6} = 167$ кило-

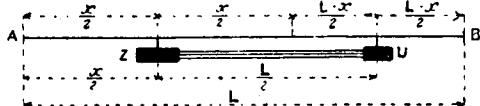
$= 417$ киловаттъ постояннымъ и $\frac{100}{0,6} = 167$ кило-

вагтъ трехфазнымъ токомъ. Принимая 5% потеря въ первичной линії, 3%—въ неподвижныхъ трансформаторахъ и 8%—въ преобразователяхъ,—получаемъ мощность трехфазного тока, равной 197 киловаттамъ. Мощность центральной станціи равняется, слѣдовательно, 614 киловаттамъ. Если принять 3 силовые группы, то подлежатъ сравненію:

- а. 3 динамо постоянного тока по 205 киловаттъ,
- б. 3 динамо постоянного тока по 140 киловаттъ и 3 альтернатора по 65 киловаттъ.

Въ случаѣ въ перерасходѣ будеть по большей мѣрѣ 2500 франк. Если принять 10% прибыль и погашеніе капитала, цѣна киловаттъ - часа возрастаетъ на 0,032 см., т. е. на 1/3%, чѣмъ можно пренебречь. Слѣдовательно, числа (фиг. 9) примѣняются и въ данномъ случаѣ.

Предположимъ, что центральная станція Z расположена въ $\frac{x}{2}$ км. отъ конца A линіи (фиг. 12). Такъ



Фиг. 12.

какъ центральная станція и подстанція посылаютъ энергию въ обѣ стороны на равныя разстоянія, то точка раздѣленія С лежить на x км. отъ A, а под-

станція U на $\frac{L-x}{2}$ км. отъ B. Разстояніе ZU = $\frac{L}{2}$.

Цѣна мѣди вторичной линіи дана вышеполученнымъ отношеніемъ, где n дѣлаютъ = 1. Соответствующій годовой расходъ равняется

$$LK_1 = \frac{1,19 \cdot 10^5 c \alpha \delta L^3}{p_2 V_2^2}.$$

Точка С раздѣляетъ линію на двѣ части, для каждой изъ которыхъ можно пользоваться этой формулой. Слѣдовательно,

$$LK_1 = \frac{1,19 \cdot 10^5 c \alpha \delta}{p_2 V_2^2} [x^3 + (L-x)^3],$$

откуда

$$K_1 = \frac{1,19 \cdot 10^5 c \alpha \delta}{p_2 V_2^2} (L^2 - 3Lx + 3x^2).$$

Полный расходъ на трансформацію, вычитая потери, дается формулой

$$LK_2 = A \times \text{вторичн. киловатты} + B.$$

При вторичной мощности подстанціи, равной $\alpha (L-x)$,

$$K_2 = A\alpha \left(1 - \frac{x}{L} \right) + \frac{B}{L}.$$

Что касается первичной мощности подстанціи, то она равна

$$W_1 = \frac{\alpha (L-x)}{0,97 \cdot 0,92} = 1,12 \alpha (L-x).$$

Линія высокаго напряженія, для безопасности эксплоатации двухъ трехфазныхъ линій, будеть имѣть сѣченіе q , причемъ это сѣченіе будеть составлять $\frac{1}{4}$ того, которое было бы необходимо при постоянномъ токѣ въ тѣхъ же условіяхъ. Слѣдовательно, имѣемъ

$$\frac{p_1 V_1}{100} = \frac{c \cdot 2 \cdot \frac{L}{2} \cdot 1000}{4 \cdot 900} \frac{W_1 \cdot 1000}{V_2^2}$$

$$\text{откуда } q = \frac{2,8 \cdot 10^3 c \alpha L (L-x)}{p_1 V_1^2}, \text{ где}$$

V_1 —первичное напряженіе, умноженное на показатель мощности ($\cos \phi$). Соответствующій расходъ на мѣдь первичной линіи равенъ

$$\frac{L}{112} \delta = 7,5 \cdot 10^5 \frac{c \alpha \delta L^2 (L-x)}{p_1 V_1^2} \text{ франк.}$$

Сюда надо прибавить стоимость столбовъ, изоляторовъ и устройства линіи, составляющую всего 2500 фр. на км., что повышаетъ годовые расходы на 175 фр. Такимъ образомъ, расходы на линію повышаются до

$$LK_3 = \frac{7,5 \cdot 10^5 c \alpha \delta L^2 (L-x)}{p_1 V_1^2} + 175 \frac{L}{2}$$

откуда

$$K_3 = \frac{7,5 \cdot 10^5 c \alpha \delta L (L-x)}{p_1 V_2^2} + 87,5.$$

Потери энергіи выражаются слѣдующимъ образомъ:

1. потери энергіи во вторичной линіи

$$0,7 \frac{p_2}{1000} \alpha L \text{ киловаттъ},$$

2. потери въ трансформаторахъ и преобразователяхъ

$$0,12 \alpha (L-x) \text{ киловаттъ},$$

3. потери въ первичной линіи

$$\frac{p_1}{100} 1,12 \alpha (L-x) \text{ киловаттъ.}$$

Откуда

$$K_4 = \frac{2,55 t \beta x}{100} \left[p_2 + (17,1 + 1,6) p_1 \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right]$$

Изъ вышеприведенного видно, что нѣтъ смысла брать $x = \frac{L}{2}$, такъ какъ, хотя K_1 и имѣетъ наименьшую величину при этомъ равенствѣ, но K_2 , K_3 и K_4 уменьшаются при увеличеніи x . Слѣдовательно, болѣе выгодно выбирать $x > \frac{L}{2}$. Отношеніе $\frac{x}{L}$ находится подбираніемъ

$$p_2 = 2160 \frac{L}{V_2} \sqrt{\frac{c \delta}{t \beta}} \sqrt{1 - \frac{3x}{L}} \times 3 \left(\frac{x}{L} \right)^2,$$

потеря (въ %) въ первичной линіи не зависитъ отъ $\frac{x}{L}$ и равна

$$p_1 = 4300 \frac{L}{V_1} \sqrt{\frac{c \delta}{t \beta}}.$$

Остается еще определить величины A и B. Когда нагрузка распределена болѣе или менѣе равномерно по сѣтямъ, подстанціи имѣютъ почти всегда мощность между 50 и 150 киловаттъ. Въ случаѣ большихъ мощностей, является болѣе экономичнымъ производить энергию на отдѣльныхъ центральныхъ станціяхъ. Въ случаѣ меньшихъ мощностей, нѣтъ надобности въ подстанціяхъ. Для определенія A и B, мы предположимъ, что подстанціи имѣть 3 вращающихся трансформатора (или преобразователя), мощности которыхъ на сторонѣ постоянного тока равны соответственно $K = 20, 40$ и 65 киловаттъ. Одинъ служить запаснымъ, два другихъ могутъ поглощать 128% изъ энергіи постоянного тока. Слѣдовательно, мощность S подстанціи равна 2,56 K. Три трансформатора трехфазного тока, изъ которыхъ одинъ служить запаснымъ, должны быть мощностью 1,28 K каждый. Расходы по установкамъ выражаются слѣдующимъ образомъ:

	K =	20	40	60
Мощности станций S =	51	102	159	
	ФРАНКИ.			
1. 3 преобразователя, по K киловаттъ каждый	15000	22500	28750	
2. 3 трансформатора, по 1,28 K киловаттъ	7500	13750	17500	
3. Распределительная доска и соединения	3750	4375	5000	
4. Здание и работы	12500	15000	17500	
	38750	55625	68750	

На прибыль и погашение капитала считается 10% для трехъ первыхъ линий и 6%—для послѣдней. Расходы на личный составъ исчисляются въ 5000 фр. въ годъ. Израсходованная энергія входитъ въ величину K_4 .

Масло стоитъ, приблизительно, 7 фр. 50 см. на полезный киловаттъ.

	S =	51	102	154
1. 10% стоимости преобразователей	1500	2250	2875	
2. " " трансформаторовъ	750	1375	1750	
3. " " распределительн. доски и т. п.	375	437.50	500	
4. 6% стоимости зданія и работы	750	900	1050	
5. Содержаніе личнаго состава	5000	5000	5000	
6. Масло	375	760	1150	
	8750	10722.50	12325	

Эти результаты можно представить формулой $29S + 5500$. Слѣдовательно, мы можемъ положить $A = 29B + 5500$.

Мощность станций должна быть рассчитана со всей строгостью по формуле:

$$S = \frac{\alpha}{0.6} \left[x + (L - x) 1.12 \left(1 + \frac{p_1}{100} \right) \right]$$

Не дѣляя большой ошибки, полагаемъ $x = 16L$ и $p_1 = 7$; откуда

$$S = 1.8xL.$$

Эта система выгодна, когда система I даетъ почти тѣ же результаты для одной или двухъ станций. Дѣляя расчетъ съ вышеупомянутыми числами и 5000 вольтъ при $\varphi = 94$, получаютъ кривую II (фиг. 11). Но эта кривая болѣе возвысена, чѣмъ самая низкая часть кривыхъ I_1 и I_2 , относящихся къ системѣ I. Къ тѣмъ же отрицательнымъ результатамъ приходять во всѣхъ случаяхъ, представляющихъ подобные разсмотрѣнія. Если линія почти прямая и нагружены равномѣрно въ предѣлахъ 5 до 15 киловаттъ на километръ, является болѣе экономичнымъ питать ихъ непосредственно отъ одной или нѣсколькихъ станций.

Система съ подстанціями примѣняется, когда: 1. общая мощность мала, такъ какъ въ такомъ случаѣ лишь централизація можетъ понизить стоимость получения энергіи; 2. когда линія длинна и поэтому движеніе не густое. При линіяхъ длинныхъ желѣзныхъ дорогъ, какъ, напр. въ большихъ городахъ и ихъ предмѣстіяхъ, система съ подстанціями сохраняетъ свое значеніе, но лишь когда центральная станція удалена отъ центра тяжести пунктовъ потребленія.

III. Непосредственное пользованіе тремя фазными токами. Трехфазный токъ высокого напряженія трансформируется въ болѣе низкое напряженіе съ помощью n трансформаторовъ, распределенныхъ вдоль пути и должны давать мощность αL . Это число n вліяетъ на K_1 , K_2 и K_3 , но не на K_4 . Но цифра K_3 (относящаяся къ первичной

линіи) зависитъ отъ n въ очень слабой степени. Въ самомъ дѣлѣ, если имѣется n трансформаторовъ, первичная линія имѣть длину не L км., а только $\frac{n-1}{n} L$ км. Мы примемъ это во вниманіе при расчетѣ K_3 , но для опредѣленія наиболѣе выгоднаго n , будемъ разсматривать лишь K_1 и K_2 .

Расходы на трансформацію K_2 растутъ съ n , тогда какъ стоимость вторичной линіи K_1 измѣняется въ обратной пропорціональности квадрату n . Слѣдовательно, существуетъ значеніе n , для котораго сумма $K_1 + K_2$ имѣть наименьшее значеніе. Но эта величина такъ велика, что соотвѣтствующія сѣченія мѣді будутъ слишкомъ малы, тогда какъ, съ точки зренія крѣпости линіи, диаметръ ея не слѣдуетъ дѣлать менѣе 8 мм. Возьмемъ наименьшую величину сѣченія $Q_2 = 50$ мм.². Тогда имѣмъ:

$$LK_1 = \frac{2LQ_2}{112} \delta, \text{ и}$$

$$K_1 = \frac{Q_2 \delta}{56}$$

Пусть s сопротивленіе рельсъ и стыковъ на км., $K = \frac{1000}{55Q_2}$ — сопротивленіе км. вторичной линіи и I —сила на фазу (соединеніе звѣздой). Тогда мощность, сообщаемая на км. равна

$$I^2 (s + 2K).$$

Каждый трансформаторъ питаетъ $\frac{L}{n}$ км., одну половину въ одномъ, а другую—въ другомъ направлениі. Среднее разстояніе, на которое передается энергія, равно $\frac{L}{4n}$, а мощность въ каждомъ направлениі $\frac{Lx}{2n}$.

Слѣдовательно, сила тока равна

$$J = \frac{Lx}{2n} \frac{1000}{V_2 \sqrt{3}}$$

(cos φ входитъ въ V_2). Потеря энергіи въ секунду равна

$$\frac{L^2 \alpha^2 10^6}{12n^2 V_2^2} (s + 2K) \frac{L}{4n} = \frac{(s + 2K) 10^6 \alpha^2 L^3}{48n^3 V_2^2}.$$

Вліяніемъ паденія напряженія можно пренебречь, въ виду его малости.

Противоположно предыдущему, отношеніе $\frac{p_a}{p}$ слѣдуетъ взять большимъ, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, вслѣдствіе того, что на небольшомъ перегонѣ, питаемомъ каждымъ трансформаторомъ весьма мало поѣздовъ, идущихъ одновременно. Если положить

$$p_a = 0.9p;$$

то

$$0.9 \frac{p_2}{1000} \frac{Lx}{2n} 1000 = \frac{(s + 2K) 10^6 \alpha^2 L^3}{48n^3 V_2^2}$$

и

$$p_2 = \frac{4.64 (s + 2K) \alpha L^2}{n^2 V_2^2} 10^3. \quad (A)$$

Остается опредѣлить величину s , сопротивленіе рельсъ и стыковъ, на км. Принимая рельсы въ 10 м. длиной, соединеніяхъ 3 м. мѣдной проволоки въ 100 мм.², сѣченіемъ, получимъ сопротивленіе стыковъ равнымъ 0,05 ома на километръ. Если частота равна 25, а проницаемость желѣза—550, то токъ пройдетъ въ трубѣ въ 2 мм. глубиной (формула Джексонъ Грея). Для рельса, въсомъ 41 кгр. метръ, имѣющей наружное прикрытіе въ 615 мм., сѣченіе берется,

такимъ образомъ, равнымъ 1230 м². Сопротивленіе рельсъ на кмъ равно, такимъ образомъ

$$\frac{0,106 \cdot 1000}{1230} = 0,086 \text{ ома.}$$

Слѣдовательно, сопротивленіе s равно

$$s = 0,0025 + 0,043 = 0,068 \text{ ома.}$$

Для $Q_2 = 50$

$$2K = \frac{200}{55,50} = 0,727 \text{ ома.}$$

Стало быть

$$s + 2K = 0,797 \text{ ома.}$$

Стоимость установки трансформатора и годовые расходы на него выражаются формулой:

$$A \text{ киловатт} + B; \text{ где:}$$

$A = 6$, а $B = 50$. Такъ какъ одинъ трансформаторъ питаетъ $\frac{aL}{n}$ км., то

$$LK_2 = n \left(A \frac{aL}{n} + B \right) \text{ и}$$

$$K_2 = A\alpha + \frac{Bn}{L}.$$

Расчетъ расходовъ на первичную линію.— Среднее разстояніе передачи равно $\frac{L}{K}$ км. Передаваемая энергія равна той энергіи, которую трансформаторы доставляютъ половинѣ линіи, т. е. $\frac{aL}{2}$, увеличенной потерями, соотвѣтствующими коэффиціенту полезнаго дѣйствія въ 95%, т. е. всего $0,526 aL$. Годовая потеря энергіи равна

$$LK_4 = aL \frac{p_1 + 0,9p_2 + 5}{100} 365t \text{ киловатт-часовъ,}$$

откуда

$$K_4 = \frac{p_1 + 0,9p_2 + 5}{100} 3,65t \text{ квт.}$$

Съ другой стороны имѣемъ

$$K_3 = \frac{n-1}{n} \left(140 + 3,52 \cdot 10^5 \frac{c\delta L^2}{p_1 V_1^2} \right)$$

причемъ можно положить $\frac{n-1}{n} = 1$, такъ какъ если число трансформаторовъ велико, то ошибка мала, а если это число мало, то выгоднѣе постоянный токъ.

Далѣе необходимо опредѣлить p_1 и p_2 такимъ образомъ, чтобы $K_2 + K_3 + K_4$ имѣла бы наименьшее значеніе:

$$n = 6,72L \sqrt{\frac{t\alpha^2(s+K)}{V_2^2 B}}$$

$$p_1 = 3100 \frac{L}{V_1} \sqrt{\frac{c\delta}{\beta t}};$$

p_2 выводится изъ равенства А.

Мощность станціи равна

$$S = \frac{aL}{0,6} 1,05 \left(1 + \frac{p_1}{100} \right) \left(1 + \frac{p_2}{100} \right);$$

но въ виду малости p_1 и p_2 можно написать

$$S = 1,8aL.$$

Эти расчеты приводятъ насъ къ слѣдующимъ выводамъ:

1. Вторичная линія должна разсчитываться исключительно по плотности тока и сопротивленію.

2. Наиболѣе выгодная мощность трансформаторовъ отъ 12 до 21 киловатта.

3. При большой нагрузкѣ и для разстояній, превышающихъ 35 км., необходимо брать болѣе высокое первичное напряженіе. Но это выгодно лишь, когда высокое напряженіе можетъ быть получено непосредственно. Трансформаторы - повысители напряженія въ этомъ случаѣ уничтожаютъ выгоду высокаго напряженія.

Сравненіе трехъ системъ.— Сравненіе вышеприведенныхъ результатовъ при $a = 10$ приводитъ къ кривымъ фиг. 11. Постоянныи токъ, производимый одной станціей, сохраняетъ свои выгоды до 22 км. Если нагрузка больше, этотъ предѣлъ уменьшается до 20 км., если она менѣе—увеличивается до 30 км. Съ этого предѣлаявляются трехфазные токи болѣе выгодными, тѣмъ болѣе, чѣмъ длины линія.

Извѣстно, что непосредственное примѣненіе трехфазныхъ токовъ не имѣетъ еще много приверженцевъ. Это объясняется, главнымъ образомъ, затрудненіями при скрещеніяхъ и стрѣлочныхъ переходахъ.

Это конечно, имѣетъ значеніе для городскихъ линій; но для длиныхъ желѣзодорожныхъ линій, на которыхъ примѣненіе длиныхъ вагоновъ позволяетъ пользоваться двойнымъ приемникомъ тока (троллеемъ) и прерывать воздушную линію на скрещеніяхъ,—эти затрудненія не могутъ служить препятствиемъ. Если не примѣнить трехфазныхъ токовъ, то кривые показываютъ, что можно выбирать лишь между одной или нѣсколькими станціями, непосредственно производящими постоянный токъ. Система II можетъ быть выгодна лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

(Elektrot. Zeitsch. I'Ecl. El. № 21 и 22).

B. A. C.

ОБЗОРЪ.

Діэлектрическія потери въ конденсаторахъ и кабеляхъ и вліяніе ихъ на электрическое распределеніе. Черльсъ Дрисдаль. Хотя вопросъ о діэлектрическихъ потеряхъ въ кабеляхъ подвергался уже многимъ обсужденіямъ со времени опубликованія работъ г. Мордея, однако интересно то, что до сихъ поръ еще никто не пытался отмѣтить то важное вліяніе, которое оказываетъ это явленіе на способы полученія и распределенія электрической энергія.

Въ большинствѣ городовъ наибольшее затрудненіе при электрическихъ установкахъ составляется не разстояніе передачи, а вопросъ о совмѣстномъ удовлетвореніи требованій на освѣщеніе и передачу силы.

Обѣ эти задачи различны по самой ихъ сущности: тогда какъ для лампъ накаливанія природа тока не имѣетъ значенія, но напряженіе его необходимо должно быть строго постояннымъ,—для работы двигателей небольшая колебанія напряженія неважны сравнительно съ природой питающаго тока.

Однимъ изъ решений этой задачи является установка, доставляющая однофазный токъ для освѣщенія и постоянный токъ въ 400—500 вольтъ для двигателей.

Однако такое решеніе никоимъ образомъ не можетъ считаться вполнѣ удовлетворительнымъ, въ первыхъ, изъ-за своей сложности и цѣны, а во-вторыхъ потому, что малые двигатели въ 500 вольтъ работаютъ весьма несовершенно. Въ послѣднее время нѣкоторые инженеры во главѣ съ Ферранти предлагаютъ употреблять для цѣлей передачи силы многофазные двигатели. Преимущества и недостатки многофазныхъ токовъ сравнительно съ однофазнымъ можно свести къ слѣдующему:

Приимущество: болѣе легкіе и дешевые ге-

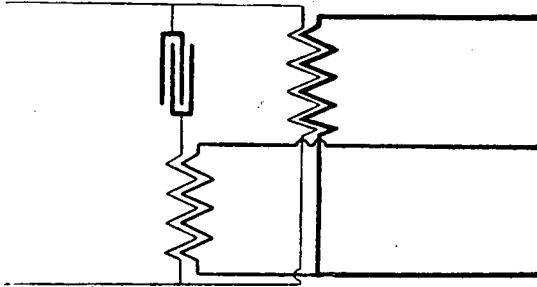
нераторы тока данной мощности. Большая экономия въ проводахъ при данномъ напряженіи; болѣе удовлетворительный пускъ въ ходъ и работа двигателя.

Недостатки: большая сложность распределительныхъ устройствъ и сѣти проводовъ; большая трудность регулированія.

Однако, такъ какъ по экономіи въ проводахъ обѣ системы отличаются весьма незначительно *), то вопросъ о преимуществѣ многофазного тока сводится только къ болѣе удовлетворительному пуску въ ходъ и работѣ двигателя. Большая стоимость двигателей уравновѣшивается простотою соединеній и легкостью регулировкою.

Что касается дуговыхъ лампъ, то употребленіе преобразователей облегчаетъ питаніе ихъ изъ цѣпи однофазного тока; примѣненіе конденсатора, какъ извѣстно даетъ, возможность отъ цѣпи однофазного тока получить токъ отстающій на 90° , которымъ можно воспользоваться какъ для увеличенія начального врачающаго момента такъ даже и для вращенія обыкновенного двухфазного двигателя. Нужно замѣтить, что однофазные двигатели, вслѣдствіе существованія шунтовыхъ катушекъ и обратнаго врачающагося магнитнаго поля, допускаютъ меньшій врачающій моментъ, меньшую перегрузку и меньшій коеффиціентъ полезнаго дѣйствія, чѣмъ многофазные двигатели.

Конденсаторы съ жидкостью не годятся для постоянной работы, съ изолирующими діэлектриками слишкомъ громоздки, чтобы ихъ можно было употреблять при двигателяхъ. Лучше всего, повидимому, располагать конденсаторы на обыкновенныхъ трансформаторныхъ подстанціяхъ и понижать получаемый такимъ образомъ токъ на мѣстѣ работы. Фиг. 13 показываетъ устройство, при которомъ обыкно-



Фиг. 13.

венный однофазный токъ высокаго напряженія трансформируется въ двухфазный низкаго напряженія съ общимъ обратнымъ проводомъ. Для освѣщенія можно употреблять главные провода, тамъ-же гдѣ требуется сила, просто добавляется третій проводъ. Если употребляются однофазные двигатели, то можно употреблять маленький конденсаторъ, какъ въ каждый данный моментъ пускаются не всѣ двигатели, а только малая часть ихъ. Подходящій же конденсаторъ дастъ возможность примѣнять двухфазные двигатели. Такой конденсаторъ позволить не устраивать потребителю тока отдѣльныхъ досокъ или конденсаторовъ для пуска двигателей въ ходъ и сильно поможетъ распространению среди мелкихъ потребителей этихъ весьма удобныхъ двигателей. Вообще, простой двух- или трехфазный двигатель является самымъ удобнымъ источникомъ силы.

О требующейся емкости конденсаторовъ можно судить изъ слѣдующаго:

Конденсаторъ въ 20 микрофарадъ при токѣ въ 2000

*) Напр., экономія на проводахъ при трехфазной системѣ вѣтвой съ центромъ отведеннымъ къ землѣ, вмѣсто трехпроводной однофазной системы при равномъ напряженіи составляетъ отъ 4 до 5° .

вольтъ и 50 періодовъ приметъ токъ силою въ 13,56 амперъ. Трансформируя этотъ токъ до 100 вольтъ мы будемъ располагать токомъ въ 250 амперъ, находящимся почти въ квадратурѣ съ токомъ освѣтильныхъ проводовъ. Этого будетъ совершенно достаточно для пуска въ ходъ всѣхъ двигателей обыкновенной подстанціи, цѣна-же и величина конденсатора будетъ гораздо ниже цѣны трансформатора въ 20 киловт.

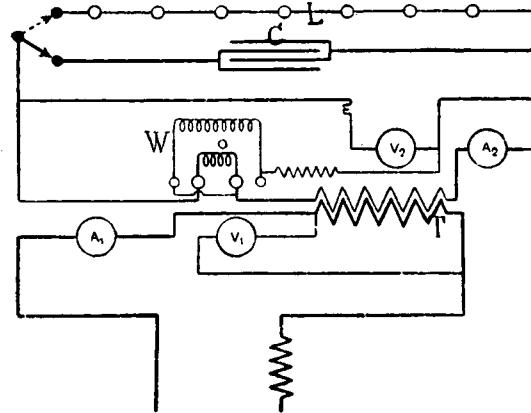
Такое устройство эквивалентно системѣ Штейнметца безъ третьаго провода большого напряженія.

Другой, и можетъ быть даже лучшій способъ соединенія былъ бы двухфазный трансформаторъ съ конденсаторомъ въ одной изъ первичныхъ цѣпей. Конечно, всѣ подобныя системы требуютъ тщательной разработки, но авторъ уже испыталъ ихъ на опыте въ маломъ масштабѣ и нашелъ, что они работаютъ хорошо.

Однако, вопросъ о потери энергіи въ конденсаторахъ весьма важенъ, такъ какъ при непрерывной работе продолженіе долгаго времени эти потери будуть значительны. Поэтому знаніе діэлектрическихъ потерь въ различныхъ изолирующихъ материалахъ весьма цѣнно; величину ихъ слѣдуетъ измѣрять также и послѣ нѣкотораго періода работы, такъ какъ она мѣняется.

Авторъ производилъ опыты относительно этого предмета въ лабораторіи Нортамптонскаго Института, пользуясь особой формой ваттметра, который давалъ величину индуктивной ошибки не болѣе какъ въ 0,001 величины нагрузки, при включеніи-же въ цѣпь высокаго напряженія, послѣдовательно съ жидкимъ реостатомъ, ошибки были еще меньше. Потеря въ шунтированной цѣпі ваттметра была около 80 ваттъ, потеря въ главной цѣпі принималась въ расчетъ.

Схема расположенія приборовъ указано на фиг. 14.



Фиг. 14.

Опыты производились надъ:

а) двумя конденсаторами съ парафинированной бумагой, емкостью въ 5 и 10 микрофарадъ.

б) двумя конденсаторами Свинбурна въ 1 и 4 мfd.

в) надъ концами кабеля около 165 ярдъ длиной, $\frac{1}{16}$ дюйма въ поперечнике и 300 мегомовъ сопротивленія съ каучуковой изоляціей.

г) надъ концами кабеля въ 400 ярдъ длиной и $\frac{9}{16}$ въ поперечнике съ бумажной изоляціей.

Всѣ опыты производились съ токомъ въ 100 періодовъ приблизительно синусоидальной формы волны; напряженія указаны въ нижеприведенной таблицѣ и измѣрялись электростатическими вольтметрами или Кельвина, или Айртонъ-Мазеръ въ зависимости отъ величины. Сила тока измѣрялась или тепловымъ, или электромагнитнымъ амперметромъ, тщательно калиброваннымъ по динамометру Сименса. Результаты указаны въ слѣдующей таблицѣ:

	Волты.	Кажд. мон.	Истинная мон.	Коэффиц. потери.	Емкость мfd.
a) Конденсаторы съ парафиновой бумагой:		Ватты			
5 мfd.	240	188	4,07	0,0217	5,20
10 мfd.	240	371	8,28	0,0220	10,30
b) Конденсаторы Свинбурна (изолят. параф. масло):					
Малый	2000	3090	255	0,0827	1,16
Большой	1800	8300	429	0,0517	4,15
v) Кабель 165 ярдъ съ кауч. изол.	2000	260	10,4	0,040	0,0624
r) Кабель 440 ярдъ съ бумаг. изол.	2000	260	10,4	0,040	0,0624
1) Внѣшнимъ					
Испытаниъ	{	и внутр. .	225	83	0,019
между	{	2) Внѣшн. и броней .	800	17,0	0,021
					0,25

Наиболѣе интереснымъ изъ этой таблицы является крайне высокіе коэффиціенты потери, даваемые конденсаторами Свинбурна. Сопротивление изоляцій въ нихъ было удовлетворительно передъ испытаниемъ, такъ что нельзя предполагать, что это вызывалось хотя бы отчасти утечкой. Три года тому назадъ авторъ испытывалъ эти конденсаторы и они были вполнѣ удовлетворительны.

Поэтому высокій коэффиціентъ потери энергіи въ конденсаторѣ можетъ быть отнесенъ къ разстройству его въ теченіе этого промежутка.

Каучуковый кабель испытывался послѣ того, какъ онъ былъ погруженъ на двѣ недѣли въ воду. Изоляція, повидимому, была удовлетворительна, но грубое опредѣленіе его коэффиціента потери въ началь погружения дало гораздо меньшую величину, чѣмъ приведенное въ таблицѣ. Этотъ кабель былъ пробитъ при 2200 вольтахъ приблизительно черезъ четверть часа послѣ окончанія испытанія, хотя во времѣ измѣрений отсчеты оставались постоянными.

Слѣдовательно, поглощеніе энергіи въ кабеляхъ измѣняется съ теченіемъ времени.

Измѣренія емкости. — Во времія испытанія было произведено нѣсколько измѣрений емкости кабелей и конденсаторовъ при различныхъ потенціалахъ при помощи наблюденія силы тока и разности потенціаловъ.

Несмотря на неодобрительное къ нему отношеніе Айртона, этотъ способъ весьма цѣненъ, если только форма волны близка къ синусоидѣ и притомъ если легко изъ нея приблизительно оцѣнить влияніе небольшихъ отклоненій отъ истинной синусоиды.

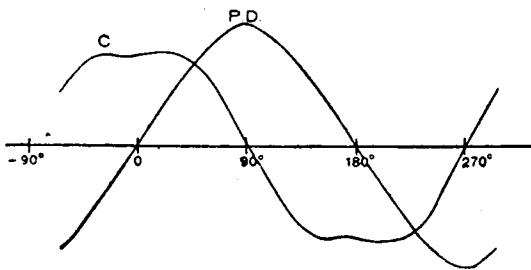
При опытахъ Мордэя оказалось что емкость постоянна при всѣхъ потенціалахъ, но при опытахъ автора оказалось, что она въ большинствѣ случаевъ увеличивается вмѣстѣ съ напряженіемъ.

Разность потенц.	Сила тока	Емкость,
Волты.	Амперы.	въ мfd.
1130	0,050	0,705
1650	0,073	0,705
1735	0,077	0,707
1975	0,088	0,710
2150	0,097	0,718

Конечно, эти небольшія отклоненія могутъ зависѣть отъ измѣненій формы волны, но онѣ были найдены при различныхъ конденсаторахъ и въ различное время.

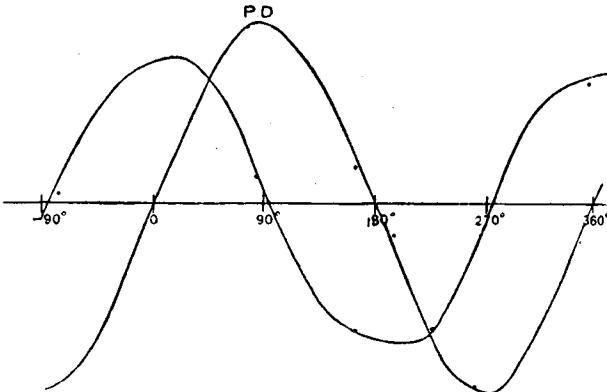
Формы волнъ. Для того, чтобы приблизительно провѣрить заключеніе относительно мощности и емкости, были сдѣланы тщательныя измѣрения формъ тока и разности потенціаловъ.

Недостатокъ времени не позволилъ автору получить величину силы по этимъ кривымъ, но во всѣхъ случаяхъ, повидимому, результаты кривыхъ совпадаютъ съ результатами, данными ваттметромъ. Кривые также указываютъ измѣненія емкости, что особенно хорошо видно на приводимой кривой (фиг. 15), которая относится къ кабелю съ бумажной изоляціей



Фиг. 15.

емкостью въ 0,07 мfd. Вторая кривая (фиг. 16) относится къ кабелю Свинбурна въ 4 мfd. Опыты, произведенныя многочисленными изслѣдователями, показываютъ, что коэффиціентъ потери для большин-



Фиг. 16.

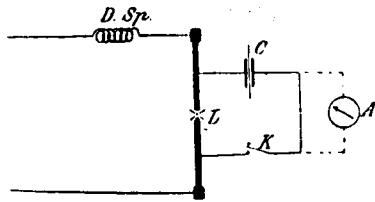
ства конденсаторовъ, когда они новы находятся между 0,02 и 0,03. Опыты же автора надъ конденсаторомъ Свинбурна и надъ каучуковымъ кабелемъ доказываютъ, что съ теченіемъ времени или работы его величина можетъ значительно увеличиться. Вопросъ этотъ по своей важности заслуживаетъ возможно болѣе полныхъ изслѣдований. Въ заключеніе приводимъ таблицу различныхъ изслѣдований конденсаторовъ.

Коэффиц. потери.	Изслѣдователи.
Конд. Свинбурна	0,01 Айртонъ.
Тоже	0,01 Гооръ.
Тоже	0,052—0,083 Дрисдаль
Конденсаторы центральной станц. въ Римѣ и Вѣнѣ	0,015 Гооръ.
Параф. конденс.	
1)	около 0,1 Адденбрюкъ.
2)	0,022 Дрисдаль.
Кабели съ гуттап. изоляціей.	
1)	0,028—0,029 Айртонъ и Мазеръ.
2)	0,040 Дрисдаль.
Кабели съ бумажн. изоляціей.	
1)	0,024 Айртонъ и Мазеръ.
2)	0,019—0,021 Дрисдаль.

Кабель съ джутовой изоляцией . . .	0,027	Айртонъ и Мазеръ.
Кабели высокаго напряж. въ Будапештѣ.		
2070 вольтъ . . .	0,026	Гооръ.
3000 . . .	0,0187	Гооръ.

(Electrician. № 1194, 1901 г.).

Новый способъ получения переменныхъ токовъ большой частоты, но низкаго напряженія. Въ "Электричествѣ" были уже описаны*) опыты Симона и др. надъ звучаніемъ вольтовой дуги и примененіемъ этого явленія къ телеграфированию безъ проводовъ. Повторяя эти опыты, проф. В. Пейкерть нашелъ, что акустическая дѣйствія вольтовой дуги могутъ быть вызваны и безъ помощи микрофона или телефона; дальнѣйшее же изслѣдованіе этого явленія показало, что оно вызывается переменными токами большой частоты, но низкаго напряженія. Расположеніе опыта Пейкертъ показано схематически на фиг. 17. Дуга L пытается постояннымъ токомъ 6 амп. Сопротивленіе $D. Sp.$ съ достаточно большой самоиндукціей (реактивная катушка) не допускаетъ переменного тока, возникающаго какъ сейчасъ будетъ указано, въ главную цѣпь дуги; C представляетъ собой конденсаторъ; K —выключатель для замыканія и размыканія боковой цѣпи. При замыканіи послѣдней, въ ней, благодаря поперемѣннымъ зарядженіямъ и разряженіямъ конденсатора, возникаетъ переменный токъ, складывающійся съ постояннымъ токомъ дуги и вызывающій ея звучаніе. Зная



Фиг. 17.

силу и напряженіе переменного тока и емкость конденсатора, легко вычислить частоту тока. Сила тока въ боковой вѣтви измѣрялась тепловымъ амперметромъ; для определенія напряженія съ углами дуги соединились два вольтметра—Вестона и Кардью, первый—для постояннаго, второй—для переменнаго тока. При открытой боковой цѣпи оба показывали 36 вольтъ; при замыканіи одновременно съ возникновеніемъ сильнаго свиста дуги, напряженіе возрастило; приборъ Вестона показывалъ 55 в., Кардью—68 в.; сила тока въ цѣпь конденсатора была 17 амп. Изъ показаний обоихъ вольтметровъ легко вычислить напряженіе переменнаго тока, возникающаго благодаря включенію въ боковую цѣпь конденсатора. Дѣйствительно, вольтметръ Вестона показываетъ напряженіе постояннаго тока (e_1); вольтметръ Кардью—среднюю величину напряженія, результатирующую изъ сложенія постояннаго тока съ переменнымъ (E); напряженіе переменнаго (e) равно поэтому $\sqrt{E^2 - e_1^2}$. $\sqrt{68^2 - 55^2} = 40$ вольтъ. Такъ какъ потери тока въ проводахъ и въ амперметре очень малы, то эта-же величина представляетъ собой напряженіе у конденсатора, а отсюда, зная такъ-же силу тока конденсатора и его емкость, можно вычислить частоту тока по формулы $I = \frac{2\pi}{T} \cdot C \cdot e$; при $I = 17$ амп., $e = 40$ в.,

$C = 7,7 \times 10^{-6}$ микрофарадъ получается: $\frac{I}{T}$ (т.-е. чи-

сло периодовъ въ секунду) = 8788. До сихъ поръ еще не удавалось получать переменные токи низкаго напряженія съ такимъ большими числами периодовъ. О различныхъ произведенныхъ при помощи описаннаго приспособленія опыта см. оригиналъ.

(Electrotech. Zt. 1901 № 23).

Сварка мѣди. Американскій профессоръ Макъ-Коль предлагаетъ слѣдующій способъ сварки мѣди. Соответствующія поверхности обрабатываются азотнокислымъ калиемъ и какимъ нибудь цианистымъ соединеніемъ, послѣ чего мѣдь можетъ быть свариваема съ мѣдью же или жельезомъ и сталью обычнымъ примѣнимъ для сварки жељѣза способомъ. При чистомъ коксовомъ или угольномъ пламени и температурѣ, лежащей значительно ниже бѣлаго каленія, получаются наилучшіе результаты. Слишкомъ высокая температура дѣлаетъ металлъ при дальнѣйшей обработкѣ ломкимъ, а слишкомъ низкая температура обуславливаетъ недостаточную плавкость при ковкѣ. Произведенныя испытанія показали, что прочность въ мѣстахъ сварки не уступаетъ прочности мѣди вообще.

(El. Rev. 1901).

Длиннѣйшая линія электрической передачи работы открыта 27 апрѣля н. с. въ С. Америкѣ. Установка устроена съ коммерческой цѣлью для передачи работы отъ генераторной станціи, находящейся на сѣверномъ притокѣ рѣки Юбы въ Окландѣ, лежащей на берегу залива Санъ-Франциско. Растояніе между этими пунктами 140 миль. Напряженіе 40000 вольтъ.

Значеніе угольныхъ анодовъ для электролиза хлористощелочныхъ растворовъ. Интересный докладъ на эту тему былъ сдѣланъ въ послѣднемъ общемъ собраниіи Союза нѣмецкихъ химиковъ проф. Ф. Фбрстеромъ. Изслѣдованія его ученика Шпрѣссера, о результатахъ которыхъ докладывалъ Фбрстеръ, производились слѣдующимъ образомъ. Изъ изслѣдуемаго угля вырывались плитки размѣровъ $7,0 \times 4,5$ стм., служившія анодами въ растворѣ поваренной соли (20%); съ каждой стороны анода находилось по платиновому катоду; для устраненія катоднаго возстановленія, которое маскировало бы процессы у анода, къ раствору прибавлялось $0,5\%$ средняго хромокислого калія, который, какъ показалъ Мюллерь, образуетъ на катодахъ очень прочную пленку хромовокислой окиси хрома, играющію роль діафрагмы. Электролизъ производился каждый разъ в продолженіе 6 часовъ, токомъ 2,1 ампера, что составляло 3,33 амп. на 1 кв. дм. анодной поверхности, при температурѣ 60° Ц. Аноды взвѣшивались до начала и по окончаніи опыта; разность въ вѣсѣ давала мѣру разрушенія анода. Но слѣдуетъ дѣлать различіе между химическими и механическими разрушеніемъ угольныхъ анодовъ; первое состоѣтъ въ окисленіи угля въ углекислоту, второе—въ механическомъ отпаданіи отъ массы угольнаго анода отдѣльныхъ, болѣе или менѣе крупныхъ частичекъ. Улавливая выдѣляющіеся при электролизѣ газы и сравнивая ихъ объемъ съ объемомъ водорода и кислорода, выдѣляемыхъ въ то-же время во включенномъ въ ту-же цѣль вольтаметрѣ (способъ Эттеля), можно определить, сколько кислорода пошло у анода на образование хлорноватисто- и хлорнокислой соли въ томъ случаѣ, если бы угольный анодъ совсѣмъ не подвергался дѣйствію кислорода; опредѣляя затѣмъ дѣйствительно образованное количествомъ хлорноватисто- и хлорнокислой солей, легко узнать по разности, сколько кислорода пошло на химическое разрушеніе анода, т. е. на образование углеродомъ углекислоты.

Слѣдующая таблица показываетъ полученные результаты.

*) См. Электричество, т. IV, № 11—12, стр. 171.

СОРТЬ УГЛЯ.

	Пористость угля въ всего объема. %	Содержание золы въ %	Часть анодной работы тока, потраченной на:	Потеря въ съ анода по- слѣ 370 ам- перъ-часовъ.		
				образование активного кислорода.	разрушение угля.	механическая
	%	%	гр.	гр.		
1. Графитъ Эчона (Niagara)	22,9	0,8	69	7,5	—	—
2. Графитъ общ. Le Carbone	23,2	3,0	54	16	—	—
3. Ретортный уголь листоватый, очень плотный. . . .	11,2	0,4	63	12	3,7	7,3
4. Ретортный уголь, плотный, мелко зернистый. . . .	12,6	2,3	52	24	3,4	10,4
5. Искусств. уголь, мягкий, изъ аппара- тата Haas-Oettel.	22,2	1,8	61	20	—	—
6. Искусств. уголь Conradty. . . .	22,1	2,3	56	27	10,6	13,0
7. Искусств. уголь Lessing. . . .	22,5	1,1	46	37	5,0	16,0

Чѣмъ обусловливается химическое разрушение угольныхъ анодовъ? Выдѣляемый первично при электролизѣ хлористо-щелочныхъ растворовъ хлоръ на углеродъ не дѣйствуетъ; но онъ реагируетъ съ углеводородами, которые могутъ оставаться (отъ употреблявшейся для формовки смолы) въ недостаточно сильно обожженныхъ электродахъ; однако это случается лишь съ самыми плохими углами, такъ какъ при сильномъ обжигѣ углеводороды улетучиваются вполнѣ. Во всѣхъ другихъ случаяхъ химическое разрушение углей вызывается кислородомъ. Какъ видно изъ приведенной таблицы и какъ того слѣдовало ожидать a priori, лучше всего противостоять дѣйствію электролитического кислорода аноды, приготовленные изъ графитированного угля, т. е. изъ того видаизмѣненія углерода, которое съ бертолетовой солью и азотной кислотой даетъ такъ называемую графитовую кислоту. Значительно сильнѣй дѣйствуетъ кислородъ на собственно угольные аноды, т. е. на аноды изъ той модификаціи углерода, которая при окисленіи азотной кислотой и бертолетовой солью даетъ аморфныя, гумусообразныя вещества, меллогенъ и т. д. Огромное вліяніе на отношеніе угольныхъ анодовъ къ электролизу оказываетъ ихъ физическое строеніе, главнымъ образомъ, ихъ большая или меньшая пористость. Давно известно, что угольные аноды разрушаются тѣмъ быстрѣй, чѣмъ они болѣе пористы. Обыкновенно это объясняютъ механическимъ дѣйствіемъ развивающагося въ порахъ газа, разрушающаго, будто-бы, связь соединѣнія частицъ. Но Форстеръ спрашивало замѣчаетъ, что, если-бы пористость увеличивала-бы только механическое разрушение углей, то ея вредное дѣйствіе сказывалось-бы также на угольныхъ катодахъ, въ порахъ которыхъ выдѣляется водородъ; между тѣмъ, при употреблении въ качествѣ катодовъ угли почти совсѣмъ не подвергаются разрушенію. Форстеръ объясняетъ поэтому значеніе пористости слѣдующимъ образомъ. Истеченіе тока и электролизъ раствора совершаются не только у поверхности пористаго электрода, но и внутри его пор; благодаря этому растворъ, заполняющій собой поры, быстро бѣднѣетъ электролитомъ; но извѣстно, что чѣмъ слабѣй растворъ хлористо-щелочной соли, тѣмъ

больше кислорода выдѣляеть онъ у анода подъ дѣйствіемъ тока; а такъ какъ химическое разрушеніе угля происходитъ именно со стороны кислорода, то пористые угли должны разрушаться быстрѣй, чѣмъ плотные. Изъ такого объясненія Форстеръ выводить одно, практическое очень важное заключеніе: участіе поръ угольного анода въ процессѣ электролиза тѣмъ значительнѣй, чѣмъ медленнѣй онъ совершаются, т. е. чѣмъ меньше плотность тока; поэтому, въ противоположность общепринятыму мнѣнію, для продолжительности службы угольныхъ анодовъ лучше работать возможно плотными токами. Форстеръ утверждаетъ, что прямые опыты подтверждаютъ это заключеніе; къ сожалѣнію, никакихъ числовыхъ данныхъ на этотъ счетъ онъ не приводить, а между тѣмъ вопросъ этотъ, по своей практической важности, заслуживаетъ всесторонняго изслѣдованія. Если даже вредное дѣйствіе пористости уменьшается съ усиленіемъ плотности тока, то, съ другой стороны, слѣдуетъ ожидать, что химическое дѣйствіе кислорода на углеродъ будетъ тѣмъ сильнѣй, чѣмъ выше потенциалъ, подъ которымъ онъ разряжается, т. е. чѣмъ плотнѣй токъ. Слѣдовало-бы точнѣе определить, какіе результаты получаются при различныхъ условіяхъ отъ взаимодѣйствія этихъ двухъ противоположныхъ факторовъ.

(Zeitschr. angew. Chemie т. 1. № 26).

БИБЛІОГРАФІЯ.

Ученіе объ электрической искрѣ. В. К. Лебединскаго. С.-Петербургъ. 1901. Цѣна 60 коп.

Въ краткомъ введеніи авторъ говоритъ: „Теоріи искры не существуетъ. Все ученіе о ней состоитъ изъ большого числа наблюдений, полученныхъ весьма разнородными пріемами, освѣщеніи разнообразными догадками о характерѣ явленія искры“.

Вышеприведенные слова лучше всего опредѣляютъ цѣльность настоящей книги, въ которой авторъ не только собралъ большое количество материала, относящагося къ ученію объ искрѣ, но разбираетъ его критически и въ концѣ концовъ приводить читателя къ нѣкоторому опредѣленному воззрѣнію на явленіе искры.

Книга содержитъ четыре главы, каждая изъ которыхъ посвящена разсмотрѣнію понятій и фактовъ, группирующихся около одного изъ взглядовъ на природу искры. Главы эти слѣдующія: I. Искра, какъ электрическій токъ черезъ проводникъ 1-го рода.—II. Искра, какъ электрическій токъ черезъ проводникъ 2-го рода.—III. Ученіе объ искрѣ съ Фарадеевской точки зренія.—IV. Ионное ученіе объ искрѣ.

Въ первой главѣ (§§ 1—6) авторъ начинаетъ съ приложения къ искрѣ закона Ома; при этомъ выясняется, съ какими оговорками допустимо подобное распространеніе этого закона. Тутъ между прочимъ говорится объ опыте самого автора, наблюдавшаго измѣненіе формы разряда между остріемъ и шарикомъ съ измѣненіемъ скорости машины Фосса. Именно, автору удалось наблюдать весьма интересное явленіе: при нѣкоторой скорости машины разрядъ въ формѣ искры прекращался, уступая мѣсто разряду кистью; искра появлялась вновь при большихъ или меньшихъ скоростяхъ. Явленіе это аналогично нѣкоторымъ наблюденіямъ Гитторфа (Гасциота) (стр. 6). Авторъ высказываетъ предположеніе, что это явленіе зависитъ отъ измѣненія внутренняго сопротивленія машины, увеличивающагося вмѣстѣ со скоростью и длиною кистей у гребенокъ машины. Намъ однако представляется, что въ опытахъ В. К. Лебединскаго вліяніе скорости машины на форму разряда проще объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что при различныхъ скоростяхъ машина „вырабатываетъ различныя количества электричества. Машина

вырабатываетъ тѣмъ большее количество электричества, чѣмъ больше ея скорость. Такимъ образомъ, по нашему мнѣнію, форма разряда при малой скоро-ти должна соотвѣтствовать тому случаю, когда въ опытахъ Гитторфа и Гассиота сопротивленіе цѣпи было очень велико (нѣсколько мегомовъ): въ обоихъ случаяхъ количество электричества, притекающаго въ единицу времени къ разряднымъ электродамъ, было меньше, чѣмъ при большой скорости машины (опыты В. К. Лебединскаго) или при маломъ сопротивленіи цѣпи (опыты Гитторфа и Гассиота). Что же касается до внутренняго сопротивленія машины, то едва ли можно говорить о его увеличеніи съ возрастаніемъ скорости: вѣдь при этомъ увеличивается сила тока, а потому скорѣе можно предположить уменьшеніе сопротивленія машины съ увеличеніемъ скорости.

Въ § 2 авторъ касается вопроса объ электромагнитныхъ явленіяхъ въ искрѣ, въ частности о дѣйствіи сильнаго магнитнаго поля на искру. Повторяя опыты Прехта, авторъ пришелъ къ весьма изящной схемѣ, которая систематизируетъ и обобщаетъ результаты наблюдений Прехта и его самого (стр. 10).

Далѣе говорится объ опытахъ В. Томсона, касающихся потенциального градіента, необходимаго для появленія искры, и о значеніи упругости, химического состава и другихъ условій въ газѣ разряднаго пространства. §§ 5 и 6 посвящены явленіямъ колебательного разряда и глава I заканчивается описаніемъ опытовъ Гейдвейлера, Траубриджа и др., касающихся энергіи искры и приводящихъ къ заключенію, что эта энергія не можетъ быть считаема Джоулемъ тепломъ.

Глава II (§§ 7—9) посвящена взгляду на искру, какъ на явленіе электролиза.

Въ главѣ III (§§ 10—13) читатель знакомится со взглядомъ на искру съ Фарадеевской точки зрѣнія. Съ этой точки зрѣнія искровой разрядъ является лишь предѣльнымъ случаемъ особаго состоянія среды, характеризуемаго электрической деформацией. Подобно, напримѣръ, тому, какъ разрывъ желѣзного стержня является предѣльнымъ случаемъ его состоянія, характеризуемаго извѣстной механической деформацией. Такимъ образомъ, явленіе искры не можетъ быть рассматриваемо независимо отъ предшествовавшаго ему электрическаго поля. Авторъ разбираетъ сочиненія и даетъ въ высшей степени ясную картину его съ Фарадеевской точки зрѣнія, разсматривающей линіи индукціи, какъ оси особыхъ деформаций. Далѣе онъ объясняетъ, какъ надо представлять себѣ съ этой точки зрѣнія картину тока и возникновенія искры.

Говоря о токѣ, авторъ приводитъ теорему Пойнтина и задаетъ при этомъ вопросъ: „какъ понять обращеніе въ тепло энергіи магнитнаго поля, когда отсутствіе „проводниковъ“ магнитныхъ силовыхъ трубокъ является основнымъ положеніемъ?“ Намъ представляется, что еще большій трудности представляетъ разрѣшеніе другого вопроса, вытекающаго изъ представленія Пойнтина. Если это представленіе не является простой фикціей, облегчающей намъ описание явленія, а имѣть нѣкоторое отношеніе къ тому, что происходитъ въ дѣйствительности, то какъ понять, что въ проводнике, параллельномъ проводнику съ постояннымъ токомъ и неподвижномъ относительно него, не обнаруживается никакой электродвижущей силы. Вѣдь его будутъ пересѣкать кольцевыя магнитныя трубки индукціи, сжимающіяся и направляющіяся въ проводникъ, „съ токомъ!“

Въ § 11 и слѣдующихъ развивается далѣе взглядъ на искру съ точки зрѣнія Фарадеевской теоріи. Опытами Гейдвейлера подтверждается основанное на этой теоріи заключеніе, что возможность появленія искры опредѣляется потенциальнымъ градіентомъ у самыхъ электродовъ. Пашенъ наблюдаетъ вліяніе слоя діэлектрика, прилегающаго къ электродамъ. Наконецъ, раздѣлья опыта Гейдвейлера, Лебединскаго, Ганкеля

объясняется вліяніемъ проводниковъ на характеръ искры, согласно развиваемой точкѣ зрѣнія.

§ 14 главы IV содержитъ критико-исторический обзоръ послѣдовательного развитія идеи объ юнахъ въ примѣненіи къ разряду черезъ газы. Эпохой въ этомъ отношеніи явилось открытие Герца о вліяніи ультрафіолетовыхъ лучей свѣта на искру; за нимъ послѣдовали открытие Гальвакса и цѣлый рядъ работъ по этому вопросамъ. Все это на немногихъ страницахъ по существу разобрано авторомъ, который говоритъ между прочимъ: „Всѣ эти попытки теоріи клонятся къ одному и тому же: объясненіе самаго факта разряда чрезъ газовый изоляторъ и свойствъ этого разряда предположеніемъ измѣненія въ состояніи газа, внесенного энергию тепловою, свѣтвою или другою какою либо радиаціею, или, наконецъ, энергию электрическаго поля“.

Этотъ параграфъ заканчивается описаніемъ явленія Эльстера и Гейтеле (тушеніе искры свѣтомъ) и собственныхъ опытовъ автора, который тоже изучалъ тушеніе искры свѣтомъ, но только въ существенно отличныхъ условіяхъ.

§ 15 и 16 посвящены вопросу о запаздываніи искры (Яуманъ, Варбургъ) и критикѣ мнѣнія Яумана, согласно которому появленіе искры опредѣляется не величиною E , но $E - \frac{dt}{dt}$.

Наконецъ, въ заключительномъ § 17 авторъ, затронувъ вопросъ объ искрѣ, какъ источникѣ невидимыхъ радиацій, подводить итогъ возврѣніямъ и фактамъ, послужившимъ темою его труда. Онъ говоритъ: „Факты, собранные въ настоящей брошюре, не давая яснаго представления объ искрѣ, мнѣ кажется, однако, опредѣленно указывающими, что и въ ученіи объ искрѣ наиболѣе твердую надежду приходится возлагать на мощь Фарадеевскаго ученія, которая простирается и на столь трудно уловимое явленіе, какъ искра, и даетъ право надѣяться на объединеніе большихъ классовъ явленій въ одно цѣлое; ученіе Ома совершенно лишено этой жизненности. Но Фарадеевское ученіе односторонне, какъ чисто эфирное; начинаяющееся ученіе объ юнахъ, можетъ быть, призвано дополнить его; эти два ученія не должны находиться во взаимномъ противорѣчіи: укладывались же они въ одну картину въ идеяхъ Гитторфа (стр. 52)“.

Въ самомъ концѣ § 17 авторъ затрагиваетъ вопросъ о вольтовой дугѣ. Здѣсь мы встрѣчаемся съ интересною мыслью, которая до сихъ поръ никѣмъ еще не была высказана и которая, по нашему разумѣнію, имѣть глубокій смыслъ. Именно авторъ ставить въ связь значение заостреннаго катода въ опытахъ надъ дѣйствиемъ свѣта (стр. 55—57) съ различіемъ формъ углей вольтовой дуги.

В. Миткевичъ.

Mesures sur le microphone, par M. I. Cauro.

Ізмѣренія надъ микрофономъ; докторская диссертация г. Коро. 1899; Парижъ. Издание Carré и Naud.

Авторъ задался цѣлью изслѣдовывать измѣненія силы тока, пробѣгающаго микрофонъ; силу перемѣннаго тока, индуктируемаго въ телефонѣ *); дѣйствующее напряженіе тока на зажимахъ телефона; электрическую мощность, поглощаемую въ телефонѣ; дѣйствующее напряженіе, появляющееся въ разомкнутой телефонной цѣпи; размахи (амплитуду)

*) При чѣмъ надо отмѣтить, что во всѣхъ опытахъ г. Коро микрофонъ и телефонъ были включены въ двѣ отдельныя цѣпи и микрофонная цѣпь индуктирована — черезъ посредство трансформатора — токъ въ телефонной, какъ это и бываетъ болѣе чѣсто на практикѣ. Случай же послѣдовательного соединенія микрофона и телефона въ одной цѣпі не изслѣдовалъ.

микрофонной дощечки; размахи телефонной перепонки; размахи частичек воздуха, передающего звуковую волны, или точные размахи очень легкой перепонки натянутой на барабань, на которую падали звуковые волны. Источникомъ этихъ опытовъ г. Коро служили камертоны, колебания которыхъ поддерживались при помощи электромагнитовъ—способъ очень часто примѣняемый при изслѣдованіяхъ по акустикѣ.

Во всѣхъ своихъ опытахъ г. К. пользованія микрофономъ д'Арсонвала съ магнитной регулировкой*). Телефоны были когда д'Арсонвала, когда Обри(Aubry), когда Охоровича...

На основаніи своихъ опытовъ, г. Коро уѣдился, между прочимъ, въ томъ, что дѣйствующая сила тока въ телефонѣ при самыхъ громкихъ звукахъ выражается сотыми миллиампера; и падаетъ до одной миллионной ампера „при звукахъ, слышныхъ еще очень ясно“. Дѣйствующая сила телефона-наго тока приблизительно пропорциональна, по Коро, амплитудѣ воздушныхъ колебаний и не зависитъ отъ высоты звука. Наибольшая мощность, поглащаемая телефономъ, выражается миллионными ватта. Какъ велика и наименьшая мощность, соотвѣтствующая самому тихому, но еще слышному, звуку, г. К., къ сожалѣнію, не говоритъ. Амплитуда колебаній микрофонной дощечки выражается вообще долями „микрона“ (причемъ я на всякий случай напомню, что

микрономъ называются $\frac{1}{1000}$ миллиметра); ампли-

туда колебаній телефонной перепонки—тоже. „Вибрація же воздушныхъ слоевъ (или по крайней мѣрѣ вибрація легкой, упругой перепонки, измѣряющая вибрацію воздушныхъ слоевъ) выражается сотыми миллиметра“.

Трудъ г. Коро представляеть во всякомъ случаѣ очень добросовѣстное и очень цѣнное изслѣдованіе, и методы, къ которымъ прибѣгалъ авторъ, для своихъ тонкихъ измѣреній, вообще очень изящны и хорошо выработаны (хотя особенно оригиналными ихъ нельзѧ назвать).

Я упомяну еще, что въ брошюре г. Коро есть описание и рисунокъ, построенного авторомъ, по совѣту Липпмана, тѣлѣфона-реле, котораго назначеніе—устанавливать слабые токи, сохраняя однакожъ имъ ихъ „кривую“. Но ни о какихъ опытахъ съ этимъ реле авторъ не сообщаетъ..

Какъ недостатокъ брошюры г. Коро можно отмѣтить нѣсколько несистематичное изложеніе автора, а, кроме того, надо указать на очень бѣзтолковую, выражаясь прямо—„математическую теорію“ электродинамометра Giltay'я—Bellati **), которую авторъ даетъ на стр. 15—17 и по которой выходитъ, что прибору, о которомъ рѣчь, можно, будто бы, дать произвольно высокую чувствительность, если достаточно ослабить магнитное поле (поле зем-

*) Въ этомъ микрофонѣ вертикальные угольки одѣты въ желѣзный кожухъ, на который дѣйствуетъ магнитъ, и этотъ магнитъ можно—при помощи винта—придвигать, или отодвигать, болѣе или менѣе...

**) При чѣмъ я напомню, что этотъ приборъ—очень чувствительный и позволяющій измѣрять даже чрезвычайно слабые перемѣнныіе токи—представляетъ, въ сущности, гальваноскопъ, въ которомъ стальной магнитикъ замѣненъ стержнемъ ягкаго желѣза, ось котораго, когда идетъ тока, составляетъ уголъ въ 45° съ осью катушки. Когда же въ послѣдней проходитъ токъ, то она намагничивается стержнемъ и этотъ магнитъ отклоняется подъ дѣйствіемъ тока. При перемѣнѣ направления тока стержень перемагничивается и отклоняющія силы не мѣняютъ „знака“.

наго магнетизма), въ которомъ находится стрѣлка—окруживъ, напр., приборъ желѣзнымъ чехломъ.

Шрифтъ брошюры очень чистый и не избитый; рисунки далеко не отличаются изяществомъ, но все же не дурны...

Tay.

НОВЫЯ КНИГИ.

Электротехническая библиотека. Т. VI. Современное ученіе объ электричествѣ въ элементарно-математической обработкѣ. Д-ра Шумана. Переводъ съ нѣмецкаго Н. Державина. Съ 122 фиг. въ текстѣ. СПб. Издание журнала „Электричество“. 1902. XIII+224 стр. въ 8 д. листа. Цѣна 2 р. 50 к.

Начала математической теоріи электричества и магнетизма. Дж. Дж. Томсона. Переводъ подъ редакц. профессора А. И. Садовскаго, съ 133 рисунками. СПб. Издание К. Риккера 1901. 399 стр. въ 8 д. л. Цѣна 3 р. 50 к.

Л. Свенторжецкій. Электротехника. Основные законы, техническія измѣренія, аккумуляторы, динамо-машины и электродвигатели постоянного тока. Второе изданіе. Текстъ 449 стр., атласъ черт. 65 отд. таблицъ,—въ 8 б. д. л. Цѣна съ отдельными атласомъ—7 руб.

Электроосвѣтительное дѣло. Пособіе для монтеровъ и установщиковъ электрическаго освѣщенія. Составиль В. Закржевскій, завѣдывающій Электротехнической лабораторіей Военной Электротехнической школы. 2-ое исправленное изданіе. Съ 261 чертежами. СПб. Издание К. Риккера. 1901. 200 стр. въ 8 д. л. Цѣна 1 р. 80 к.

В. Закржевскій. Электрическія измѣренія. Пособіе для производства практическихъ работъ въ электротехническихъ лабораторіяхъ. 2-ое исправленное и дополненное изданіе. Съ 179 черт. въ текстѣ. Издание К. Риккера. СПб. 1901. 271 стр. въ 8 д. л. Цѣна 2 р. 40 к.

Б. II. Вейнбергъ и И. Я. Точидловскій. Руководство къ практическимъ занятіямъ по физикѣ. Одесса. 1901. XX+560 стр. 263 рис. въ текстѣ, въ 8 б. д. л. Цѣна 3 р. 50 к.

Б. II. Вейнбергъ и И. Я. Точидловскій. Краткое руководство къ практическимъ занятіямъ по физикѣ. Одесса. 1901. XV+368 стр. въ 8 б. д. 175 рис. въ текстѣ. Цѣна 2 р. 25 к.

Фотоцинкографія, эмалевый процессъ и альграфія. Руководство для ремесленныхъ училіщъ и любителей, содержащее описание новѣйшихъ рецептовъ, пріемовъ и принадлежностей, съ коими производится работа въ современныхъ цинкографическихъ заведеніяхъ. Съ 67 рис. въ текстѣ. Составиль и издалъ И. М. Волосатовъ. Цѣна 2 руб. Спб. 1901. 107 стр. въ 8 д. л.

Travail des alternateurs dans le couplage en parallèle, par S. Hetter. Extrait du Bulletin № 5—6—7 de 1901 de l'Association des Ingénieurs électriques sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore). Liege. 1901. 60 стр. въ 8 д. л.