

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

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

Докладъ А. Нотара).*

Въ живописной долині р. Вилаіоки, 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 ся 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 дѣйствительныхъ 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 названіе отъ деревни того-же имени, вблизи которой онъ помѣщается. Часть водопада видна на фиг. 1.

Слѣдуя общему въ промышленности стремленію къ утилизаціи даровыхъ силъ природы, Акціонерное Общество Электричества, бывшее Павелъ Валь, приобрѣло еще въ 1899 году въ собственность водопадъ Лавола, гдѣ нынѣ устроило гидроэлектрическую станцію съ цѣлью полученія элек-

турбины имѣется автоматическій 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 чемъ вода изъ него подводится къ турбинамъ черезъ двѣ желѣзныхъ вертикальныхъ трубы II.

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

Вологодская областная универсальная научная библиотека

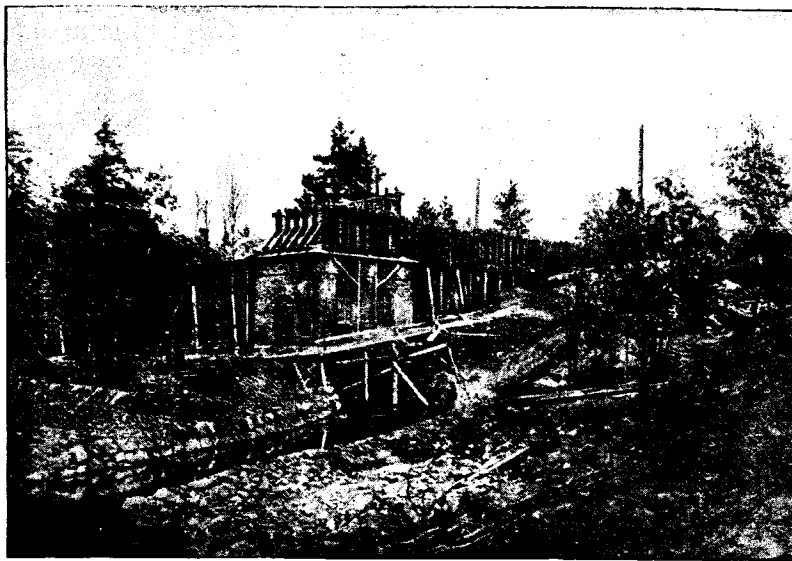
*) На рисункѣ каналъ виденъ во время постройки.

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

Среднее количество поступающей воды соответствуетъ развиваемымъ 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.

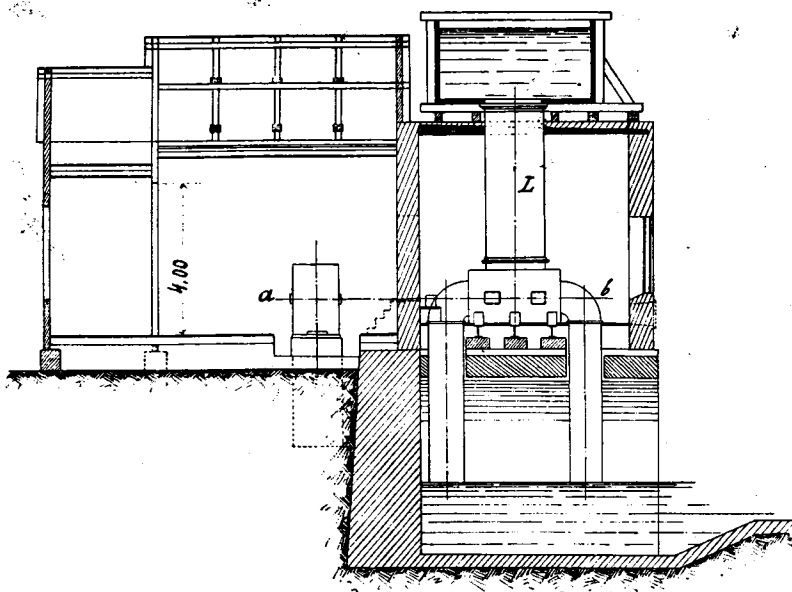
Вода, отработанная въ турбинахъ, уходитъ въ отводную канаву по четыремъ желѣзнымъ трубамъ, по двѣ на каждую турбину (фиг. 5).



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

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

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



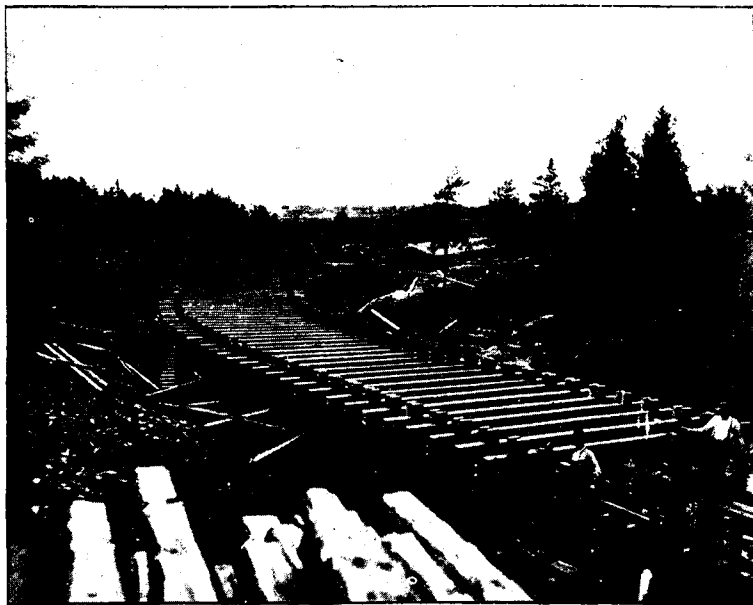
Фиг. 3. Разрѣзъ станціи по оси одной изъ трубъ LL.

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

сидятъ на одной общей оси съ соответствующей каждому турбиной и развиваютъ каждый, при 390 оборотахъ въ минуту, 185 киловаттъ трехфазнаго тока, напряженіемъ въ 15000 вольтъ.

Трехфазные альтернаторы построены в Выборгѣ фирмой бывшей Павелъ Валь и К^о по привилегіи инженера І. Сольмана. Всѣ обмотки генераторовъ неподвижны; вращающаяся часть состоитъ только изъ желѣза и стали и имѣетъ

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



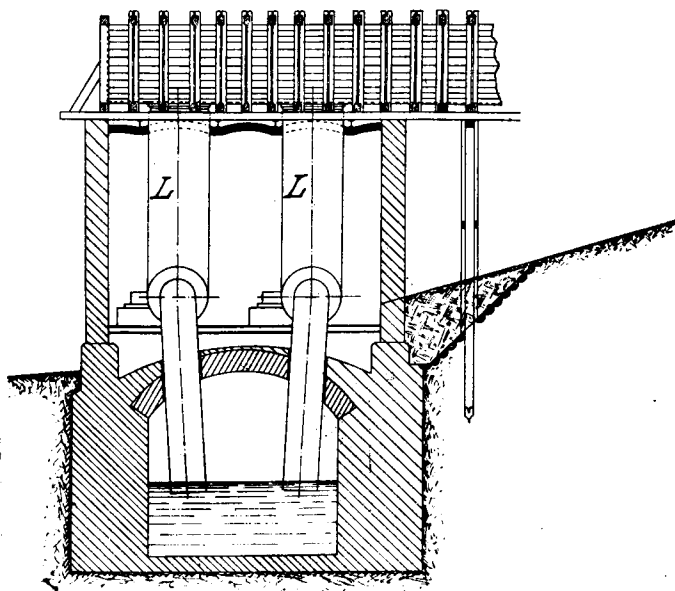
Фиг. 4. Видъ водопроводнаго канала во время постройки.

форму звѣзды съ 8-ью 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 остоу машины мѣдными болтами. Возможность сдѣлать катушки неподвижными позволила построить генераторы высокаго напряжения и получить такимъ образомъ экономію въ передачахъ. Число періодовъ тока въ секунду—50. Всѣ генератора равны 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 охлаждается масло. Охлажденіе смазки является важнымъ въ генераторахъ высокаго напряжения, имѣя въ виду продолжительность работы съ ними при гидравлической установкѣ. Генераторы имѣютъ каждый свой возбуждатель постоянного тока, присоединенный непосредственно къ оси генератора и рассчитанный такъ, что одинъ возбуждатель достаточенъ для обоихъ генераторовъ. Распределительныя доски имѣютъ обыкновенное въ данного вида установкахъ устройство. Всѣ части, проводящія токи высокаго напряжения, установлены въ особомъ отдѣленіи за досками и для измѣрительныхъ приборовъ всѣ токи трансформированы на низкое напряжение; такимъ образомъ на распределительной доскѣ имѣются только приборы и рукоятки вполне безопасныя.

На станціи имѣется достаточное число гром-



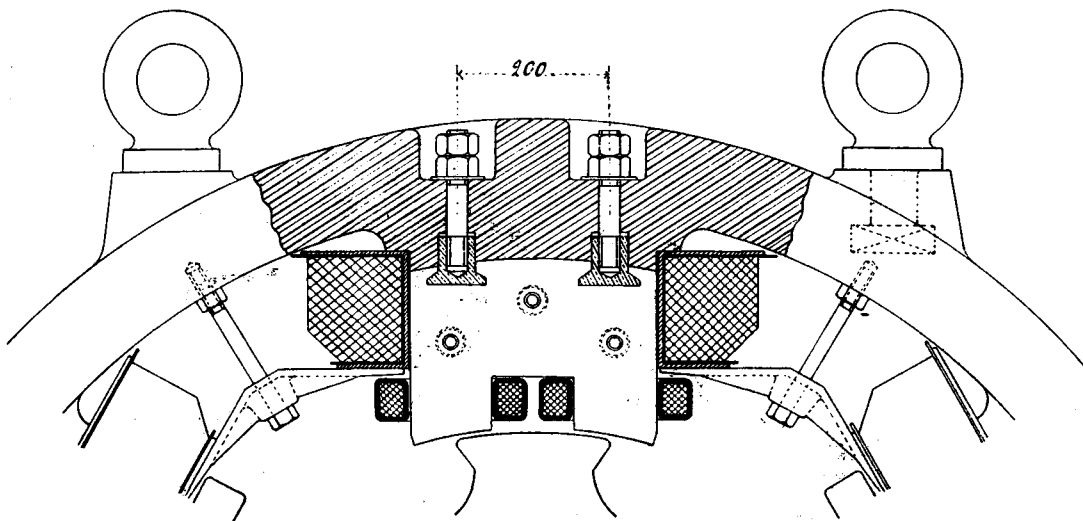
Фиг. 5.

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

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

Отъ генераторовъ идетъ линія высокаго на-

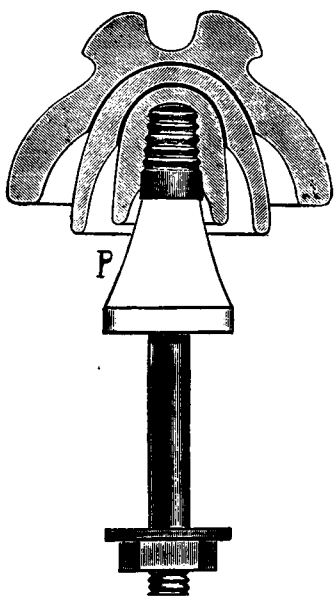
мѣстахъ переѣздовъ или большихъ переходовъ черезъ дороги, а также при пересѣченіи линіи телеграфными или телефонными линіями, провода ограждены со всѣхъ сторонъ предохранительными сѣтками и на послѣднихъ двухъ кило-



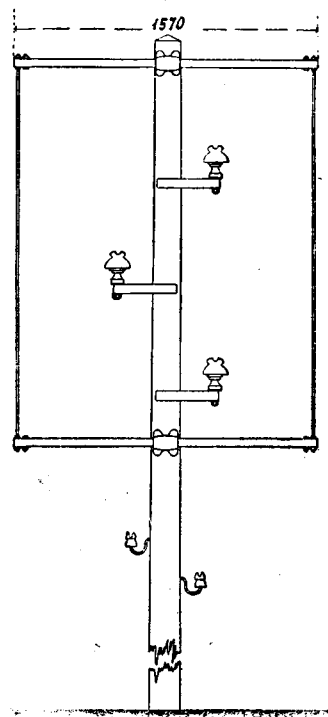
Фиг. 6. Разрѣзъ верхней части генератора.

пряженія, длиной въ 28 километровъ, до трансформаторной будки, построенной во рву центральныхъ укрѣпленій 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 діаметромъ 4,1 мм. На всемъ протяженіи линіи въ мѣстахъ, поросшихъ лѣсомъ, прорублены просѣки, 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 с землей. Все провода, как телефонные так и телеграфные, встречающие провода высокого напряжения, проходят ниже последних, так что случаев падения телефонных проводов на провода высокого напряжения быть не может. На фиг. 8 показано устройство рамки с предохранительными проволоками.

Воздушная линия входит в трансформаторную будку, в которой имеются трансформаторы для понижения напряжения с 15000 вольт на 2000 вольт. Часть последнего, посредством вторичных трансформаторов, может быть преобразована в трехфазный ток, напряжением 110 или 220 вольт для распределения по городу для целей освещения. От трансформаторной будки до центральной станции в город проложен подземный кабель; это трехжильный кабель с фибровой изоляцией; каждая жила имеет толстый слой изоляции из специальной бумаги; кабель заключен в двойную свинцовую оболочку и покрыт снаружи броней.

На центральной станции находятся два вращающихся трансформатора, каждый мощностью в 75 киловатт, дающих возможность снабжать уже давно существующую в г. Выборге 3-х проводную сеть постоянного тока (напряжения 2×110 вольт) энергией от водопада.

Коэффициент полезного действия всей передачи определяется из следующих данных:

Коэффициент полезного действия турбин при полной нагрузке 70%

Коэффициент полезного действия генераторов, включая потерю на возбуждения при полной нагрузке 91%

Коэффициент полезного действия воздушной линии высокого напряжения при полной нагрузке 92%

Коэффициент полезного действия трансформаторов, включая затрату энергии на охлаждение их вентиляторами 97,6%

Стоимость всего устройства передачи с приобретением водопада, отчуждением земельных участков, постройками и проч. составляет около 150000 рублей.

Около водопада Лавола помещается небольшой лесопильный завод и мельница, кои для своей работы пользуются током в 500 вольт, получаемым от динамомашины постоянного тока в 20 лш. сил, приводимой в движение одной из двух турбин, независимо от описанных генераторов.

Сравнение различных систем питания энергией длинных сетей электрических железных дорог.

Питание сети трамвая, от одной центральной станции в 600 вольт ведет часто к очень большим расходам на мѣди, если эта сеть является длиною.

В таком случае вопрос питания может иметь следующие решения:

1. Питание сетей от нескольких отдельных станций.

2. Одна центральная станция высокого напряжения и ряд подстанций, трансформирующих это высокое напряжение.

3. Непосредственное питание линии трехфазными токами, от одной центральной станции высокого напряжения, преобразуемыми рядом трансформаторов, расположенных вдоль линии.

Существуют также и другие способы, служащие для увеличения района действия станции, но в значительно меньшей степени,—а именно, употребление повысителей напряжения для питательных проводов (фидеров), питающих удаленных от станции точки; пользование трехпроводной системой; применение аккумуляторных батарей в отдаленных точках сети.

Повысителями напряжения увеличивают напряжение в питательных проводах, для того, что бы можно было допустить большее падение напряжения в них. Благодаря их применению, уменьшаются сечения проводов, а, следовательно, и первоначальные расходы на устройство. Этот способ особенно полезен в том случае, когда существуют большие колебания нагрузки,—но, даже и в этом случае, район действия станции не увеличивается значительно.

Трехпроводная система может иметь успех лишь при применении рельса в качестве третьего провода. Но таким образом лишаются лучшие провода, т. е. обратного в двухпроводной системе, так как сопротивление рельса при хороших стыках бывает ниже сопротивления линии мѣдных проводов. От применения трехпроводной системы получается экономия мѣди не более 20%. Аккумуляторные станции представляют ту выгоду, что энергия, утилизируемая лишь 7 часов в сутки, может получаться в течение 24 часов. Если подстанция должна отдавать К киловатт в продолжении t часов, то центральная станция должна давать ей (принимая во внимание потери в аккумуляторах) $1,1 Kt$ киловатт-часа в 24 часа, вследствие чего мы делаем экономию в мѣди в отношении

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

Но на большинстве линий служба продолжается 17 часов в сутки и сберегают лишь 40% на мѣди и то только для удаленных от станции точек, что в общем дает лишь 20%—экономия, неоправдывающая применение аккумуляторной батареи. С другой стороны, система эта не дает значительного увеличения длины сети.

Разсмотрим теперь предѣлы, в коих могут применяться три вышеупомянутые системы. Для облегчения решения вопроса зададимся несколькими предположениями. Во-первых, предположим линию достаточно прямою, для того чтобы не иметь необходимости выбирать для питательных проводов отличное от линии направление. Затем, предположим, что нагрузка распределена равномерно по всей линии. Обозначим чрез L длину этой линии, в километрах; чрез A — полную нагрузку, в киловаттах. Величина A изменяется в небольших пре-

Если поезда следуют через промежутки времени τ минут со скоростью γ километров в час, то в каждый момент на линии движется

$$N = \frac{2L \cdot 60}{\gamma \tau} \text{ поездов.}$$

Если поезд потребляет W киловатт, то

$$\alpha L = NW;$$

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

Мощность W , потребляемая одним поездом, может быть представлена чрез

$$W = fG\gamma,$$

где f —коэффициент тяги, в килограммах на тонну. Следовательно,

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

Скорость γ , следовательно, имеет влияние на α только чрез коэффициент тяги f , который растет со скоростью. Точно также существует некоторое соотношение между весом поезда G и промежутком времени τ , так как, чем тяжелее (чем больше нагружены) поезда, тем они реже будут ходить. Если G и не пропорционально τ , то, во всяком случае, они зависят одна от другой.

Отыщем теперь пределы изменения α . Мы рассмотрим выражение

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

По опытам Билля (Bill), поезд весом в 64 тонны, идущий со скоростью 27,2 км. в час, потребляет 65,2 киловатта. Такие поезда ходят не чаще, чем чрез 20 минут. Следовательно, имеем

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

Для трамвая, потребляющего 6 киловатт на вагон и идущего со скоростью 12 км. в час, при $\tau = 10$ мин., будем иметь $\alpha = 5$. Отсюда видно, что, в среднем, α меняется от 5 до 15.

При сравнении различных систем обозначим чрез K_1 —расходы по содержанию вторичных линий на километр—год (или в первом случае всех линий);

K_2 —расходы на трансформирование, рассчитанные на единицу длины.

K_3 —расход, относящийся к линиям высокого напряжения; и

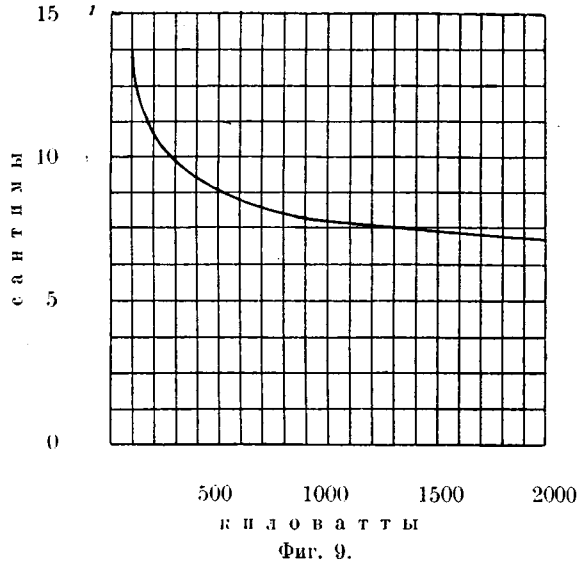
K_4 —расход на потерю энергии, происходящую от замены одной большой несколькими малыми станциями.

Для определения этой последней цифры необходимо знать стоимость киловатт-часа. Кривая фиг. 1 поясняет это. Эта кривая предполагает движение в продолжении 17 часов в сутки и утилизацию 66% емкости станции. Она зависит весьма мало от местных условий. Так, киловатт-час на станции, мощностью в 750 киловатт, стоит согласно этой кривой, 8,25 сантима, составляющихся следующим образом:

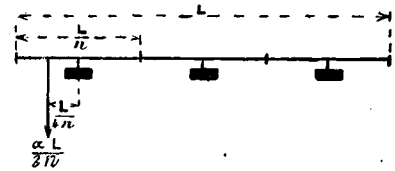
Уголь	3	сантима
Масло	0,75	"
Личный состав	0,5	"
Погашение капитала и т. п.	4,0	"
	8,25 сантима.	

Если цена угля изменяется на 20%, то стоимость киловатт- часа меняется лишь на 7,3%. Так как эта последняя стоимость влияет лишь на K_4 , которое никогда не бывает больше половины всей сравниваемой суммы, то такая сумма не увеличивается больше чем на 3,7%.

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



ли). K_1 уменьшается при увеличении n , так как уменьшаются расходы по передачѣ; K_4 увеличивается, так как цена в киловатт-часа увеличивается съ уменьшениемъ мощности станцій. Путь дѣлится на n частей; въ срединѣ каждой части находится станція, которая питаетъ въ каждомъ направленіи $\frac{L}{2n}$ километра (фиг. 10), которымъ она сообщаетъ $\frac{\alpha L}{2n}$ киловатта на среднее разстояніе въ $\frac{L \cdot 1000}{4n}$ метра.



Фиг. 10.

Пусть V напряжение на распределительной доскѣ; $p\%$ вольтъ теряются въ линіи и вслѣдствіе этого напряжение 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 напряжение равняется, въ среднемъ, 0,94V.

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

$$\frac{\alpha L \cdot 1000}{2n \cdot 0,94V} = 532 \frac{\alpha L}{nV} \text{ амперъ.}$$

Сѣченіе линіи Q дается выраженіемъ

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

$$Q = 1,33 \cdot 10^3 \frac{c \alpha L^2}{n^2 p \gamma} \text{ кв. мм., гдѣ}$$

c' —кажущееся сопротивление линии $= 1/40$, оно взято больше сопротивления мѣди ($= \frac{1}{55}$), для того чтобы ввести сопротивление обратной проводки через рельсы *).

Слѣдовательно, вѣсъ мѣди, въ тоннахъ, равняется $\frac{LQ}{112}$. Если β представляетъ, въ франкахъ, стоимость содержанія и погашенія одной тонны мѣди въ годъ, то расходы на линію равны

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

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

При разсмотрѣннн стоимости теряемой энергіи слѣдуетъ принимать во вниманіе:

1. Стоимость дѣйствительно потерянной энергіи

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

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

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

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

$$LK_1 = 3,65 \alpha L t \left(\frac{p_a \beta_n}{100} + \beta_n - \beta_1 \right).$$

Окончательно находимъ

$$K_1 = 3,65 \alpha t \left(\beta_n - \beta_1 + \frac{0,7p}{100} \beta_n \right) **).$$

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 сѣченіе мѣди одинаково по всей линіи; вычисленіе показываетъ, что, предполагая сѣченіе увеличивающимся отъ станціи къ концу линіи, получается экономія самое большее въ 10%, которая на практикѣ не превышаетъ 6—6%. Мы предполагаемъ поэтому сѣченіе постояннымъ.

**) Пусть линія съ сопротивленіемъ R , на которой находятся z повѣзовъ на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, расходуетъ ту же силу тока i на повѣзъ. Различныя 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

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

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

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

$$p_a = 0,7 p$$

ствіе потерь въ линіи. Такъ какъ, запасъ имѣеть тѣмъ большее относительное значеніе, чѣмъ меньше 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,

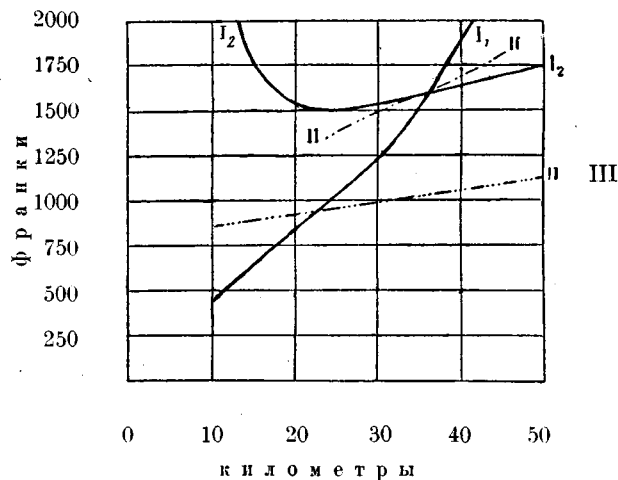
$$0,6S = \frac{\alpha L}{n}$$

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

Предполагая $\alpha = 10 \text{ I} = 10$ до 50 км; $c' = \frac{1}{40} V =$

$= 600 t = 17 \delta = 150$ (соотвѣтственно цѣнѣ мѣди 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 направленіи) 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 движеніе аль-



Фиг. 11.
— I_1 и I_2 —Системы I съ 1 или 2 подстанц.
— II—Система II.
— III—Система III.

тернаторъ высокаго напряженія и динамо постояннаго тока, питающую часть сѣти, близкую 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 $\frac{250}{0,6} =$

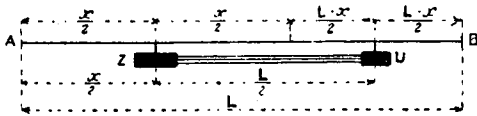
$$= 417 \text{ киловаттъ постояннымъ и } \frac{100}{0,6} = 167 \text{ кило}$$

ватт трехфазным токомъ. Принимая 5% потерь въ первичной линіи, 3%—въ неподвижныхъ трансформаторахъ и 8%—въ преобразователяхъ,—получаемъ мощность трехфазнаго тока, равной 197 киловаттамъ. Мощность центральной станціи равняется, слѣдовательно, 614 киловаттамъ. Если принять 3 силовыя группы, то подлежатъ сравненію:

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

Въ случаѣ b перерасходъ будетъ по большей мѣрѣ 2500 франк. Если принять 10% прибыли и погашеніе капитала, цѣна киловаттъ - часа возрастаетъ на 0,032 см., т. е. на $\frac{1}{3}\%$, 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 энергію въ обѣ стороны на равныя разстоянія, то точка раздѣленія C лежитъ на x км. отъ A, а подстанція U на $\frac{L-x}{2}$ км. отъ B. Разстояніе $ZU = \frac{L}{2}$.

Цѣна мѣди вторичной линіи дана вышеполученнымъ отношеніемъ, гдѣ n дѣлаютъ = 1. Соотвѣствующій годовою расходъ равняется

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

Точка C 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 трансформацию, 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 эксплуатаціи двухъ трехфазныхъ линій, будетъ имѣть сѣченіе q , причемъ это сѣченіе будетъ составлять $\frac{1}{4}$ того, которое было бы необходимо при постоянномъ токъ въ тѣхъ же условіяхъ. Слѣдовательно, имѣемъ

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

$$\text{откуда } q = \frac{2,8 \cdot 10^7 \alpha c L (L-x)}{p_1 V_1^2}, \text{ гдѣ}$$

V_1 —первичное напряженіе, умноженное на показатель мощности ($\cos \varphi$). Соотвѣствующій расходъ на мѣдъ первичной линіи равенъ

$$\frac{6q}{112} \delta = 7,5 \cdot 10^5 \frac{c \alpha \delta L^2 (L-x)}{p_1 V_1^2} \text{ франк.}$$

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

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

откуда

$$K_3 = \frac{7,5 \cdot 10^5 \cdot c \alpha \delta L (L-x)}{p_1 V_1^2} + 87,5.$$

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

$$K_4 = \frac{2,55 \cdot 10^5}{100} \left[p_2 + (17,1 + 1,6) p_1 \left(1 - \frac{x}{L}\right) \right]$$

Изъ вышеприведеннаго 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 подбораніемъ

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

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 опредѣлить 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 энергію на отдѣльныхъ центральныхъ станціяхъ. Въ случаѣ меньшихъ мощностей, нѣтъ надобности въ подстанціяхъ. Для опредѣленія A и B, мы предположимъ, что подстанція имѣетъ 3 вращающихся трансформатора (или преобразователя), мощности которыхъ на сторонѣ постоянного тока равны соотвѣственно K = 20, 40 и 60 киловаттъ. Одинъ служить запаснымъ, два другихъ могутъ поглощать 128%, изъ энергіи постоянного тока. Слѣдовательно, мощность S подстанціи равна 2,56 K. Три трансформатора трехфазнаго тока, изъ которыхъ одинъ служитъ запаснымъ, должны быть мощностью 1,28 K каждый. Расходы по установкѣ выражаются слѣдующимъ образомъ

Мощности станции S =	K = 51	20 102	40 159	60 199
	Ф Р А Н К И.			
1. 3 преобразователя, по K киловатт каждый	15000	22500	28750	
2. 3 трансформатора, по 1,28 K киловатт	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 трех первых линий и 6% — для последней. Расходы на личный состав исчисляются в 5000 фр. в год. Израсходованная энергия входит в величину K_1 .

Масло стоит, приблизительно, 7 фр. 50 см. на полезный киловатт.

S =	51	102	154
1. 10% стоимости преобразователей	1500	2250	2875
2. " " трансформаторов	750	1375	1750
3. " " распределит. доски и т. п.	375	437,50	500
4. 6% стоимости здания и работ	750	900	1050
5. Содержание личного состава	5000	5000	5000
6. Масло	375	760	1150
	8750	10722,50	12325

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

Мощность станции 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 для большой ошибки, полагаем $x = 16L$ и $p_1 = 7$; откуда

$$S = 1,82L.$$

Эта система выгодна, когда система I дает почти те же результаты для одной или двух станций. Для расчета с вышеупомянутыми числами и 5000 вольт при $\varphi = 94$, получают кривую II (фиг. 11). Но эта кривая более возвышена, чем самая низкая часть кривых I₁ и I₂, относящихся к системе I. К тем же отрицательным результатам приходять во всех случаях, представляющих подобные рассмотренным. Если линии почти прямые и нагружены равномерно в пределах 5 до 15 киловатт на километр, является более экономичным питать их непосредственно от одной или нескольких станций.

Система с подстанциями применяется, когда: 1. общая мощность мала, так как в таком случае лишь централизация может понизить стоимость получения энергии; 2. когда линия длинна и поэтому движение не густое. При линиях длинных железных дорог, как, напр. в больших городах и их предместьях, система с подстанциями сохраняет свое значение, но лишь когда центральная станция удалена от центра тяжести пунктов потребления.

III. Непосредственное пользование трехфазными токами. Трехфазный ток высокого напряжения трансформируется в более низкое напряжение с помощью n трансформаторов, распределенных вдоль пути и должны давать мощность αL . Это число n вляется на K_1 , K_2 и K_3 , но не на K_4 . Но цифра K_3 (относящаяся к первичной

линии) зависит от n в очень слабой степени. В самом деле, если имеется n трансформаторов, первичная линия имеет длину не L км., а только $\frac{n-1}{n} L$ км. Мы примем это во внимание при расчете K_3 , но для определения наиболее выгодного n , будем рассматривать лишь K_1 и K_2 .

Расходы на трансформацию K_2 растут с n , тогда как стоимость вторичной линии K_1 изменяется в обратной пропорциональности квадрату n . Следовательно, существует значение n , для которого сумма $K_1 + K_2$ имеет наименьшее значение. Но эта величина так велика, что соответствующая сечения меди будут слишком малы, тогда как, с точки зрения крепости линии, диаметр ее не следует делать менее 8 мм. Возьмем наименьшую величину сечения $Q_2 = 50 \text{ мм}^2$.

Тогда имеем:

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

$$K_1 = \frac{Q_2^2}{56}$$

Пусть s сопротивление рельс и стыков на км., $K = \frac{1000}{55Q_2}$ — сопротивление км. вторичной линии и I — сила на фазу (соединение звездой). Тогда мощность, сообщаемая на км. равна

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

Каждый трансформатор питает $\frac{L}{n}$ км., одну половину в одном, а другую — в другом направлении. Среднее расстояние, на которое передается энергия, равно $\frac{L}{4n}$, а мощность в каждом направлении $\frac{Lx}{2n}$.

Следовательно, сила тока равна

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

($\cos \varphi$ входит в V_2). Потеря энергии в секунду равна

$$\frac{L^2 \alpha^2 10^6}{12n^2 V_2^2} (s + 2K) \frac{L}{4n} = \frac{(s + 2K) 10^6 \alpha^2 L^8}{48n^3 V_2^2}.$$

Влиянием падения напряжения можно пренебречь, ввиду его малости.

Противоположно предыдущему, отношение $\frac{p_a}{p}$ следует взять большим, чем в предыдущем случае, вследствие того, что на небольшом перегоне, питаемом каждым трансформатором весьма мало поездов, идущих 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 определить величину s , сопротивление рельс и стыков, на км. Принимая рельсы в 10 м. длиной, соединенных 35 м. медной проволоки в 100 мм² сечением, получим сопротивление стыков равным 0,05 ома на километр. Если частота равна 25, а проницаемость железа — 550, то ток пройдет в трубе в 2 мм. глубиной (формула Джексона Грея). Для рельса, весом 41 кг. метр, имеющий диаметр 615 мм., сечение берется,

такимъ образомъ, равнымъ 1230 мм². Сопротивленіе рельсъ на км. 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:

$$A \text{ киловаттъ} + B; \text{ гдѣ}$$

$A = 6$, а $B = 50$. Такъ какъ одинъ трансформаторъ

питаетъ $\frac{\alpha L}{n}$ км., то

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

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

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. $\frac{\alpha L}{2}$, увеличенной

потерями, соответствующими коэффициенту полезнаго дѣйствія въ 95%, т. е. всего 0,526 αL . Годовая потеря энергіи равна

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

откуда

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

Съ другой стороны имѣемъ

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

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 np_1 и p_2 такимъ образомъ, чтобы $K_2 + K_3 + K_4$ имѣла бы наименьшее значеніе:

$$n = 6,72L \sqrt{\frac{t\alpha^2\beta(s+K)}{V_1^2 B}}$$

$$p_1 = 3100 \frac{L}{V_1} \sqrt[4]{\frac{c\delta}{\beta t}};$$

p_2 выводится изъ равенства A .

Мощность станціи равна

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

но въ виду малости p_1 и p_2 можно написать

$$S = 1,8\alpha L.$$

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 киловаттъ.

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 $\alpha = 10$ приводитъ къ кривымъ фиг. 11. Постоянный токъ, производимый одной станціей, сохраняетъ свои выгоды до 22 км. Если нагрузка больше, этотъ предѣлъ уменьшается до 20 км., если она меньше — увеличивается до 30 км. Съ этого предѣла являются трехфазные токи болѣе выгодными, и тѣмъ болѣе, чѣмъ длиннѣе 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 длинныхъ желѣзнодорожныхъ линій, на которыхъ примѣненіе длинныхъ вагоновъ позволяетъ пользоваться двойнымъ приемникомъ тока (троллеймъ) и прерывать воздушную линію на скрещеніяхъ, — эти затрудненія не могутъ служить препятствіемъ. Если не примѣнять трехфазныхъ токовъ, то кривыя 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.

Диэлектрическія потери въ конденсаторахъ и кабеляхъ и вліяніе ихъ на электрическое распределеніе. Черльсъ Дрисдаль. Хотя вопросъ о диэлектрическихъ 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 энергіи.

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

Объ 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 небольшія колебанія напряженія неважны сравнительно съ природой питающаго тока.

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

Однако такое рѣшеніе никоимъ образомъ не можетъ считаться вполне удовлетворительнымъ, во-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:

Преимущества. Болѣе легкіе и дешевые ге-

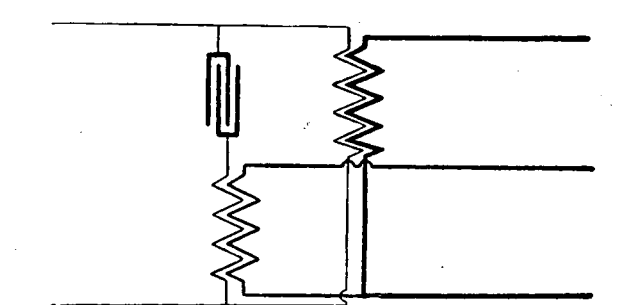
нераторы тока данной мощности. Большая экономия в проводах при данном напряжении; больше удовлетворительный пуск в ход и работа двигателя.

Недостатки: большая сложность распределительных устройств и сети проводов; большая трудность регулирования.

Однако, так как по экономии в проводах обе системы отличаются весьма незначительно ^{*)}, то вопрос о преимуществе многофазного тока сводится только к более удовлетворительному пуску в ход и работе двигателя. Большая стоимость двигателей уравнивается простотой соединений и легкой регулировкой.

Что касается дуговых ламп, то употребление преобразователей облегчает питание их из цепи однофазного тока; применение конденсатора, как известно, дает возможность от цепи однофазного тока получить ток отстающий на 90° , которым можно воспользоваться как для увеличения начального вращающего момента так даже и для вращения обыкновенного двухфазного двигателя. Нужно заметить, что однофазные двигатели, вследствие существования шунтовых катушек и обратного вращающегося магнитного поля, допускают меньший вращающий момент, меньшую перегрузку и меньший коэффициент полезного действия, чем многофазные двигатели.

Конденсаторы с жидкостью не годятся для постоянной работы, с изолирующими диэлектриками слишком громоздки, чтобы их можно было употребить при двигателях. Лучше всего, повидимому, располагать конденсаторы на обыкновенных трансформаторных подстанциях и понижать получаемый таким образом ток на месте работы. Фиг. 13 показывает устройство, при котором обыкновенный однофазный ток высокого напряжения трансформируется в двухфазный низкого напряжения с общим обратным проводом. Для освещения можно употреблять главные провода, там же где требуется сила, просто добавляется третий провод. Если употребляются однофазные двигатели, то можно употреблять маленький конденсатор, так как в каждый данный момент пускаются не все двигатели, а только малая часть их. Подходящий же конденсатор даст возможность применять двухфазные двигатели. Такой конденсатор позволит не устраивать потребителю тока отдельных досок или конденсаторов для пуска двигателей в ход и сильно поможет распространению среди мелких потребителей этих весьма удобных двигателей. Вообще, простой двух- или трехфазный двигатель является самым удобным источником силы.



Фиг. 13.

О требующейся емкости конденсаторов можно судить из следующего:

Конденсатор в 20 микрофард при ток в 2000

вольт и 50 периодов примет ток силой в 13,56 ампер. Трансформируя этот ток до 100 вольт мы будем располагать током в 250 ампер, находящимся почти в квадратуре с током осветительных проводов. Этого будет совершенно достаточно для пуска в ход всех двигателей обыкновенной подстанции, цепь же и величина конденсатора будет гораздо ниже цепи трансформатора в 20 килов.

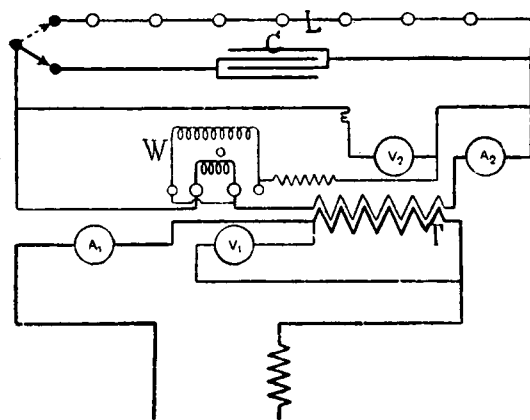
Такое устройство эквивалентно системе Штейнметца без третьего провода большого напряжения.

Другой, и может быть даже лучший способ соединения был бы двухфазный трансформатор с конденсатором в одной из первичных цепей. Конечно, все подобные системы требуют тщательной разработки, но автор уже испытал их на опыте в малом масштабе и нашел, что они работают хорошо.

Однако, вопрос о потере энергии в конденсаторах весьма важен, так как при непрерывной работе в продолжение долгого времени эти потери будут значительны. Поэтому знание диэлектрических потерь в различных изолирующих материалах весьма ценно; величину их следует измерять, также и после некоторого периода работы, так как она меняется.

Автор производил опыты относительно этого предмета в лаборатории Нортамптонского Института, пользуясь особой формой ваттметра, который давал величину индуктивной ошибки не более как в 0,001 величины нагрузки, при включении же в цепь высокого напряжения, последовательно с жидким реостатом, ошибки были еще меньше. Потеря в шунтированной цепи ваттметра была около 80 ватт, потеря в главной цепи принималась в расчет.

Схема расположения приборов указана на фиг. 14.



Фиг. 14.

Опыты производились над:

- двумя конденсаторами с парафинированной бумагой, емкостью в 5 и 10 микрофард.
- двумя конденсаторами Свинберна в 1 и 4 мфд.
- над концами кабеля около 165 ярд длиной, $\frac{7}{16}$ дюйма в поперечник и 300 мегомов сопротивления с каучуковой изоляцией.
- над концами кабеля в 400 ярд длиной и $\frac{9}{16}$ в поперечник с бумажной изоляцией.

Все опыты производились с током в 100 периодов приблизительно синусоидальной формы волны; напряжения указаны в нижеприведенной таблице и измерялись электростатическими вольтметрами или Кельвина, или Айртона-Мазера в зависимости от величины. Сила тока измерялась или тепловым, или электромагнитным амперметром, тщательно калиброванным по динамометру Сименса. Результаты указаны в следующей таблице:

^{*)} Напр., экономия на проводах при трехфазной системе звязкой с центром отведенным к земле, вместо трехпроводной однофазной системы при равном напряжении составляет от 4 до 5%.

	Вольты.	Кажущ. мощность	Истинная мощность	Коефф. потери.	Емкость въ мфд.	
Ватты						
а) Конденсаторы съ парафиновой бумагой:						
5 мфд.	240	188	4,07	0,0217	5,20	
10 мфд.	240	371	8,28	0,0220	10,30	
б) Конденсаторы Свинбурна (изолят. параф. масло):						
Малый	2000	3090	255	0,0827	1,16	
Большой	1800	8300	429	0,0517	4,15	
в) Кабель 165 ярдъ съ кауч. изол.	2000	260	10,4	0,040	0,0624	
г) Кабель 440 ярдъ съ бумажн. изол.						
Испытанъ между	1) Външнимъ и внутр.	2000	225	83	0,019	0,071
	2) Външн. и броней	2000	800	17,0	0,021	0,25

Наибольше интереснымъ изъ этой таблицы является крайне высокіе коэффициенты потери, даваемые конденсаторами Свинбурна. Сопротивленіе изоляціи въ нихъ было удовлетворительно передъ испытаніемъ, такъ что нельзя предполагать, что это вызывалось хотя бы отчасти утечкой. Три года тому назадъ авторъ испытывалъ эти конденсаторы и они были вполне удовлетворительны.

Поэтому высокій коэффициентъ 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 коэффициента потери въ началѣ погруженія дало гораздо меньшую величину, чѣмъ приведенное въ таблицѣ. Этотъ кабель былъ пробитъ при 2200 вольтахъ приблизительно черезъ четверть часа послѣ окончанія испытанія, хотя во время измѣреній отсчеты оставались постоянными.

Слѣдовательно, поглощеніе энергіи въ кабеляхъ измѣняется съ теченіемъ времени.

Измѣренія емкости. — Во время испытанія было произведено нѣсколько измѣреній емкости кабелей и конденсаторовъ при различныхъ потенциалахъ при помощи наблюденія силы тока и разности потенциаловъ.

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 вліяніе небольшихъ отклоненій отъ истинной синусоиды.

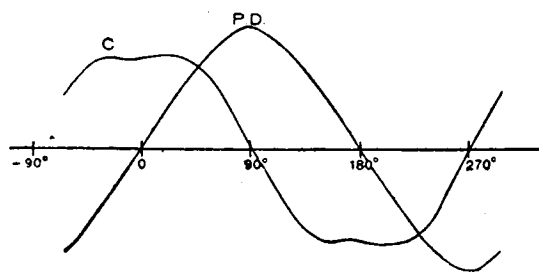
При опытахъ Мордея оказалось что емкость постоянна при всѣхъ потенциалахъ, но при опытахъ автора оказалось, что она въ большинствѣ случаевъ увеличивается вмѣстѣ съ напряженіемъ.

Разность потенц. Вольты.	Сила тока Амперы.	Емкость, въ мфд.
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 зависеть отъ измѣненій формы волны, но онѣ были найдены при различныхъ конденсаторахъ и въ различное время.

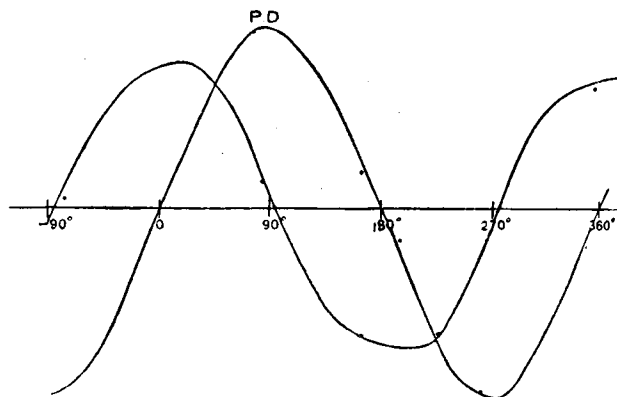
Формы волнъ. Для того, чтобы приблизительно проверить заключеніе относительно мощности и емкости, были сдѣланы тщательныя измѣренія формъ тока и разности потенциаловъ.

Недостатокъ времени не позволилъ автору получить величину силы по этимъ кривымъ, но во всѣхъ случаяхъ, повидимому, результаты кривыхъ совпадаютъ съ результатами, данными ваттметромъ. Кривыя 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 мфд. Вторая кривая (фиг. 16) относится къ кабелю Свинбурна въ 4 мфд. Опыты, произведенные многочисленными изслѣдователями, показываютъ, что коэффициентъ потери для большин-



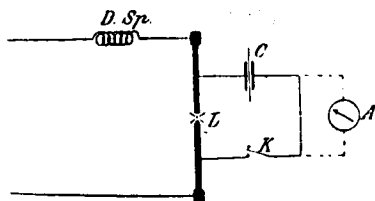
Фиг. 16.

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 изслѣдованій. Въ заключеніе приводимъ таблицу различныхъ изслѣдованій конденсаторовъ.

	Коефф. потерь.	Исслѣдователи.
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.
Парафф. конденс. 1)	около 0,1	Адденбрукъ.
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 изоляціей	0,027	Айртонъ и Мазеръ.
Кабели высокаго на- пряж. въ Буда- пештѣ.		
2070 вольтъ.	0,0206	Гооръ.
3000 "	0,0187	Гооръ.
(Electrician. № 1194, 1901 г.).		

Новый способъ получения переменныхъ токовъ большой частоты, но низкаго напряжения. Въ „Электричествѣ“ были уже описаны*) опыты Симона и др. надъ звучаніемъ вольтовой дуги и примѣненіемъ этого явленія къ телеграфированію безъ проводовъ. Повторяя эти опыты, проф. В. Пейкертъ нашелъ, что акустическія 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 напряжения. Расположеніе опыта Пейкерта показано схематически на фиг. 17. Дуга L питается постояннымъ токомъ 6 амп. Сопротивленіе $D. Sp.$ съ достаточно большой самоиндукціей (реактивная катушка) не допускаетъ переменнаго 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 попеременнымъ заряженіямъ и разряженіямъ конденсатора, возникаетъ переменный токъ, складывающійся съ постояннымъ токомъ дуги и вызывающій ея звучаніе. Зная



Фиг. 17.

силу и напряжение переменнаго тока и емкость конденсатора, легко вычислить частоту тока. Сила тока въ боковой вѣтви измѣрялась тепловымъ амперметромъ; для опредѣленія напряженія съ угольными дуги соединялись два вольтметра—Вестона и Кардью, первый—для постоянного, второй—для переменнаго тока. При открытой боковой цѣпи оба показывали 36 вольтъ; при замыканіи одновременно съ возникновениемъ сильнаго свиста дуги, напряжение возрастало; приборъ Вестона показывалъ 55 в., Кардью — 68 в.; сила тока въ цѣпи конденсатора была 17 амп. Изъ показаній обоихъ вольтметровъ легко вычислить напряжение переменнаго тока, возникающаго благодаря включенію въ боковую цѣпь конденсатора. Дѣйствительно, вольтметръ Вестона показываетъ напряжение постоянного тока (e_1); вольтметръ Кардью—среднюю величину напряженія, результирующаго изъ сложения постоянного тока съ переменнымъ (E); напряжение 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 амперметрѣ очень малы, то эта-же величина представляетъ собой напряжение у конденсатора, а отсюда, зная такъ-же силу тока конденсатора и его емкость, можно вычислить частоту тока по формулѣ $I = \frac{2\pi}{T} \cdot C \cdot e$; при $I = 17$ амп., $e = 40$ в., $C = 7.7 \times 10^{-6}$ микрофардъ получается: $\frac{1}{T}$ (т.-е. чи-

сло періодовъ въ секунду) = 8788. До сихъ поръ еще не удавалось получать переменные токи низкаго напряжения съ такимъ большимъ числомъ періодовъ. О различныхъ произведенныхъ при помощи описаннаго приспособленія опытахъ см. оригиналь. (Electrotech. Zt. 1901 № 23).

Сварка мѣди. Американскій профессоръ Макъ-Коль предлагаетъ слѣдующій способъ сварки мѣди. Соответствующія поверхности обрабатываются азотнокислымъ калиемъ и какимъ нибудь цѣанистымъ соединеніемъ, послѣ чего мѣдь можетъ быть свариваема съ мѣдью же или желѣзомъ и сталью обычнымъ примѣнимымъ для сварки желѣза способомъ. При чистомъ коксовомъ или угольномъ пламени и температурѣ, лежащей значительно ниже блага каленія, получаютъ 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 линия 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 притоку рѣки Юбы въ Оклэндѣ, лежащей на берегу залива Санъ-Франциско. Расстояние между этими пунктами 140 миль. Напряжение 40000 вольтъ.

Значеніе угольныхъ анодовъ для электролиза хлористощелочныхъ растворовъ. Интересный докладъ на эту тему былъ сдѣланъ въ послѣднемъ общемъ собраніи Союза нѣмецкихъ химиковъ проф. Ф. Фёрстеромъ. Изслѣдованія его ученика Шпрёссера, о результатахъ которыхъ докладывалъ Фёрстеръ, производились слѣдующимъ образомъ. Изъ изслѣдуемаго угля вырѣзывались плитки размѣровъ $7,0 \times 4,5$ см., служившія анодами въ растворѣ поваренной соли (20°/о); съ каждой стороны анода находилось по платиновому катоду; для устраненія катоднаго возстановленія, которое маскировало бы процессы у анода, къ раствору прибавлялось 0,5% средняго хромовокислаго калия, который, какъ показалъ Мюллеръ, образуетъ на катодахъ очень прочную пленку хромовокислой окиси хрома, играющую роль диафрагмы. Электролизъ производился каждый разъ въ продолженіе 6 часовъ, токомъ 2,1 ампера, что составляло 3,33 амп. на 1 кв. дцм. 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 химическимъ и механическимъ разрушеніемъ угольныхъ анодовъ; первое состоитъ въ окисленіи угля въ уголекислоту, второе—въ механическомъ отпаданіи отъ массы угольнаго анода отдѣльных, 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 вольтметрѣ (способъ Этгеля), можно опредѣлить, сколько кислорода пошло-бы у анода на образованіе хлорноватисто- и хлорнокислой соли въ томъ случаѣ, если-бы угольный анодъ совсѣмъ не подвергался дѣйствию кислорода; опредѣляя затѣмъ дѣйствительно образовавшееся количество хлорноватисто-и хлорнокислой солей, легко узнать по разности, сколько кислорода пошло на химическое разрушеніе анода, т. е. на образованіе съ углеродомъ уголекислоты.

Слѣдующая таблица показываетъ полученные ре-

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

СОРТЪ УГЛЯ.	Пористость угля въ % всего объема.	Содержание золы въ %	Часть анодной работы тока, потраченной на:		Потери въ вѣсъ анода послѣ 370 амперъ-часовъ.	
			образование активного кислорода.	разрушение угля.	механическая	химическая.
			%	%	гр.	гр.
1. Графитъ Эчсона (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, мягкій, изъ аппарата 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 разрушеніе 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 недостаточномъ сильно обожженныхъ электродахъ; однако это случается лишь съ самыми плохими углями, такъ какъ при сильномъ обжигѣ углеводороды улетучиваются вполне. Во всѣхъ другихъ случаяхъ химическое разрушеніе углей вызывается кислородомъ. Какъ видно изъ приведенной таблицы и какъ того слѣдовало ожидать а priori, лучше всего противостоять дѣйствию электролитическаго кислорода аноды, приготовленные изъ графитированнаго угля, т. е. изъ того видоизмѣненія углерода, которое съ бертолевой 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 бертолевой солью даетъ аморфный, гумусообразный 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 извѣстно, что угольные аноды разрушаются тѣмъ быстрѣй, чѣмъ они болѣе пористы. Обыкновенно это объясняютъ механическимъ дѣйствіемъ развивающагося въ порахъ газа, разрушающаго, будто-бы, связь сосѣднихъ частицъ. Но Фёрстеръ справедливо замѣчаетъ, что, если-бы пористость увеличивала-бы только механическое разрушеніе углей, то ея вредное дѣйствіе сказывалось-бы также на угольныхъ катодахъ, въ порахъ которыхъ выдѣляется водородъ; между тѣмъ, при употребленіи въ качествѣ катодовъ угли почти совсѣмъ не подвергаются разрушенію. Фёрстеръ объясняетъ поэтому значеніе пористости слѣдующимъ образомъ. Истеченіе тока и электролизъ раствора совершаются не только у поверхности пористаго электрода, но и внутри его поръ; благодаря этому растворъ, заполняющій собой поры, быстро обдѣлывается электролитомъ; но извѣстно, что чѣмъ слабѣй растворъ хлористо-щелочной соли, тѣмъ

больше кислорода выдѣляетъ онъ у анода подѣйствіемъ тока; а такъ какъ химическое разрушеніе угля происходитъ именно со стороны кислорода, то пористые угли должны разрушаться быстрѣй, чѣмъ плотные. Изъ такого объясненія Фёрстеръ выводитъ одно, практически очень важное заключеніе: участіе поръ угольнаго анода въ процессѣ электролиза тѣмъ значительнѣй, чѣмъ медленнѣй онъ совершается, т. е. чѣмъ меньше плотность тока; поэтому, въ противоположность общепринятому мнѣнію, для продолжительности службы угольныхъ анодовъ лучше работать возможно плотными токами. Фёрстеръ утверждаетъ, что прямые опыты подтверждаютъ это заключеніе; къ сожалѣнію, никакихъ числовыхъ данныхъ на этотъ счетъ онъ не приводитъ, 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, подѣйствомъ котораго онъ разряжается, т. е. чѣмъ плотнѣй токъ. Слѣдовало-бы точнѣе опредѣлить, какіе результаты получаются при различныхъ условіяхъ отъ взаимодѣйствія этихъ двухъ противоположныхъ факторовъ.

(Zeitschr. angew. Chemie т. г. № 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 большаго числа наблюденій, полученныхъ весьма разнородными приемами, освѣщенныхъ разнообразными догадками о характерѣ явленія искры".

Вышеприведенныя слова лучше всего опредѣляютъ цѣнность настоящей книги, въ которой авторъ не только собралъ большое количество матеріала, относящагося къ ученію объ искрѣ, но разбираетъ его критически и въ концѣ концовъ приводитъ 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 зрѣнія.—IV. Ионное ученіе объ искрѣ.

Въ первой главѣ (§§ 1—6) авторъ начинаетъ съ приложенія къ искрѣ закона Ома; при этомъ выясняется, съ какими оговорками допустимо подобное распространеніе этого закона. Тутъ между прочимъ говорится объ опытѣ самого автора, наблюдавшаго измѣненіе формы разряда между остриемъ 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 (и Гасциота) (стр. 6). Авторъ высказываетъ предположеніе, что это явленіе зависитъ отъ измѣненія внутренняго сопротивленія машины, увеличивающагося вмѣстѣ съ 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 мнѣнью, форма разряда при малой скорости должна соответствовать тому случаю, когда въ опытахъ Гитторфа и Гассиота сопротивление цѣпи было очень велико (нѣсколько мегомовъ): въ обоихъ случаяхъ количество электричества, притекающего 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 сопротивления машины, то едва ли можно говорить о его увеличеніи съ возрастаніемъ скорости: вѣдь при этомъ увеличивается сила тока, а потому скорѣе можно предположить уменьшеніе сопротивления 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 наблюденій Прехта и его самого (стр. 10).

Далѣе говорится объ опытахъ В. Томсона, касающихся потенциальнаго градіента, необходимаго для появленія искры, и о значеніи упругости, химическаго состава и другихъ условий въ газѣ разряднаго пространства. §§ 5 и 6 посвящены явленіямъ колебательнаго 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 Джоулевымъ 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 деформациею, подобно, на примѣръ, тому, какъ разрывъ желѣзнаго стержня является предѣльнымъ случаемъ его состоянія, характеризуемаго извѣстной механической деформациею. Такимъ образомъ, явленіе искры не можетъ быть разсматриваемо независимо отъ предшествовавшаго ему электрическаго поля. Авторъ разбираемаго 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 токахъ, авторъ приводитъ теорему Пойнтинга 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 большія трудности представляетъ разрѣшеніе другого вопроса, вытекающаго изъ представленія Пойнтинга. Если это представленіе не является простой фикціей, облегчающей намъ описаніе явленія, а имѣетъ нѣкоторое отношеніе къ тому, что происходитъ въ дѣйствительности, то какъ понять, что въ проводникѣ, 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 Фарадеевой теории. Опытами Гейдвейлера подтверждается основанное на этой теории заключеніе, что возможность появленія искры опредѣляется потенциальнымъ градіентомъ у самыхъ электродовъ. Пашентъ наблюдаетъ вліяніе слоя диэлектрика, прилегающаго къ электродамъ. Наконецъ, рядъ опытовъ Гейдвейлера, Лебединскаго, Ганкельса

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

§ 14 главы IV содержитъ критико-историческій обзоръ послѣдовательнаго развитія идеи объ іонахъ въ примѣненіи къ разряду черезъ газы. Эпохой въ этомъ отношеніи явилось открытіе Герца о вліяніи ультрафіолетовыхъ лучей свѣта на искру; за нимъ послѣдовали открытіе Гальвакса и цѣлый рядъ работъ по этимъ 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, внесеннаго энергіею тепловою, свѣтовою или другою какою либо радіаціею, или, наконецъ, энергіею электрическаго поля“.

Этотъ параграфъ заканчивается описаніемъ явленія Эльстера и Гейтелъ (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 $E \frac{dE}{dt}$.

Наконецъ, въ заключительномъ § 17 авторъ, затронувъ вопросъ объ искрѣ, какъ источникѣ невидимыхъ радіацій, подводитъ итогъ воззрѣніямъ и фактамъ, послужившимъ темою его труда. Онъ говоритъ: „Факты, собранные въ настоящей брошюрѣ, не давая яснаго представленія объ искрѣ, мнѣ кажется, однако, опредѣленно указываютъ, что и въ ученіи объ искрѣ наиболѣе твердую надежду приходятся возлагать на мысль 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; начинающееся ученіе объ іонахъ, можетъ быть, призвано дополнить его; эти два ученія не должны находиться во взаимномъ противорѣчій: укладывались же они въ одну картину въ идеяхъ Гитторфа (стр. 52)“. Въ этихъ строкахъ прекрасно выражена основная мысль автора и потому мы привели ихъ цѣликомъ.

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, имѣетъ глубокой смыслъ. Именно авторъ ставитъ въ связь значеніе заостреннаго катода въ опытахъ надъ дѣйствіемъ свѣта (стр. 55—57) съ различіемъ формы углей вольтовой дуги.

В. Миткевичъ.

Mesures sur le microphone, par M. I. Cauro.
Измѣренія надъ микрофономъ; докторская диссертация г. Коро. 1899; Парижъ. Изданіе Carré et Naud.

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

*) При чемъ надо отмѣтить, что во всѣхъ опытахъ г. Коро микрофонъ и телефонъ были включены въ двѣ отдѣльныя цѣпи и микрофонная цѣпь индуктировала—черезъ посредство трансформатора—токъ въ телефонной, какъ это и бываетъ болѣею частью на практикѣ. Случай же послѣдовательнаго соединенія микрофона и телефона въ одну цѣпь не изслѣдовалъ.

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

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

На основаніи своихъ опытовъ, г. Коро убѣдился, 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, слышимыхъ еще очень ясно“. Дѣйствующая сила телефоннаго тока приблизительно пропорціональна, по Коро, амплитудѣ воздушныхъ колебаній и не зависитъ отъ высоты звука. Наибольшая мощность, поглощаемая телефономъ, выражается миллионными ватта. Какъ велика и наименьшая мощность, соответствующая самому тихому, но еще слышному, звуку, г. К., къ сожалѣнію, не говоритъ. Амплитуда колебаній микрофонной дощечки выражается вообще долями „микрона“ (причемъ я на всякій случай напомнимъ, что

микронъ называютъ $\frac{1}{1000}$ миллиметра); амплитуда 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 представляетъ 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 оригинальными ихъ нельзя назвать)...

Я упомяну еще, что въ брошюрѣ г. Коро есть описаніе и рисунокъ, построеннаго авторомъ, по совѣту Липпмана, телефоннаго релѣ, котораго назначеніе—усиливать слабыя токи, сохраняя однакожъ имъ ихъ „кривую“. Но ни о какихъ опытахъ съ этимъ релѣ авторъ не сообщаетъ...

Какъ недостатокъ брошюры г. Коро можно отмѣтить нѣсколько несистематичное изложеніе автора, а, кромѣ того, надо указать на очень безтолковую, выражаясь прямо—„математическую теорію“ электродинамометра Giltay'a—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 уголки одѣты въ желѣзныя кожухъ, на который дѣйствуетъ магнитъ, и этотъ магнитъ можно—при помощи винта—придвигать, или отодвигать, болѣе или менѣе...

**) При чемъ я напомнимъ, что этотъ приборъ—очень чувствительный и позволяющій измѣрять даже чрезвычайно слабыя переменныя токи—представляетъ, въ сущности, гальваноскопъ, въ которомъ стальной магнитикъ замѣненъ стерженькомъ мягкаго желѣза, ось котораго, когда нѣтъ тока, составляетъ уголъ въ 45° съ осью катушки. Когда же въ послѣдней проходитъ токъ, то она намагничивается стерженекъ и этотъ магнитъ отклоняется подѣ дѣйствіемъ тока. При переменѣ направленія тока стерженекъ перемагничивается и отклоняющія силы не мѣняются „знака“.

ного 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...

Тай.

НОВЫЯ КНИГИ.

Электротехническая бібліотека. Т. VI. **Современное ученіе объ электричествѣ въ элементарно-математической обработкѣ.** Д-ра Шумана. Переводъ съ нѣмецкаго Н. Державина. Съ 122 фиг. въ текстѣ. СПб. Изданіе 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. Изданіе К. Риккера 1901. 399 стр. въ 8 д. л. Ц. 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 отдѣльными атлас.—7 руб.

Электроосвѣтительное дѣло. Пособіе для монтеровъ и установщиковъ электрическаго освѣщенія. Составилъ В. Закржевскій, завѣдывающій Электротехнической лабораторіей Военной Электротехнической школы. 2-ое исправленное изданіе. Съ 261 чертежами. СПб. Изданіе 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. Изданіе К. Риккера. СПб. 1901. 271 стр. въ 8 д. л. Цѣна 2 р. 40 к.

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

Фотоцинкографія, эмалевый процессъ и альграфія. Руководство для ремесленныхъ училищъ и любителей, содержащее описаніе новѣйшихъ рецептовъ, приѣмовъ и принадлежностей, съ коими производится работа въ современныхъ цинкографическихъ заведеніяхъ. Съ 67 рис. въ текстѣ. Составилъ 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. Heffer. Extrait du Bulletin № 5—6—7 de 1901 de l'Association des Ingenieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore). Liege. 1901. 60 стр. въ 8 д. л.