

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

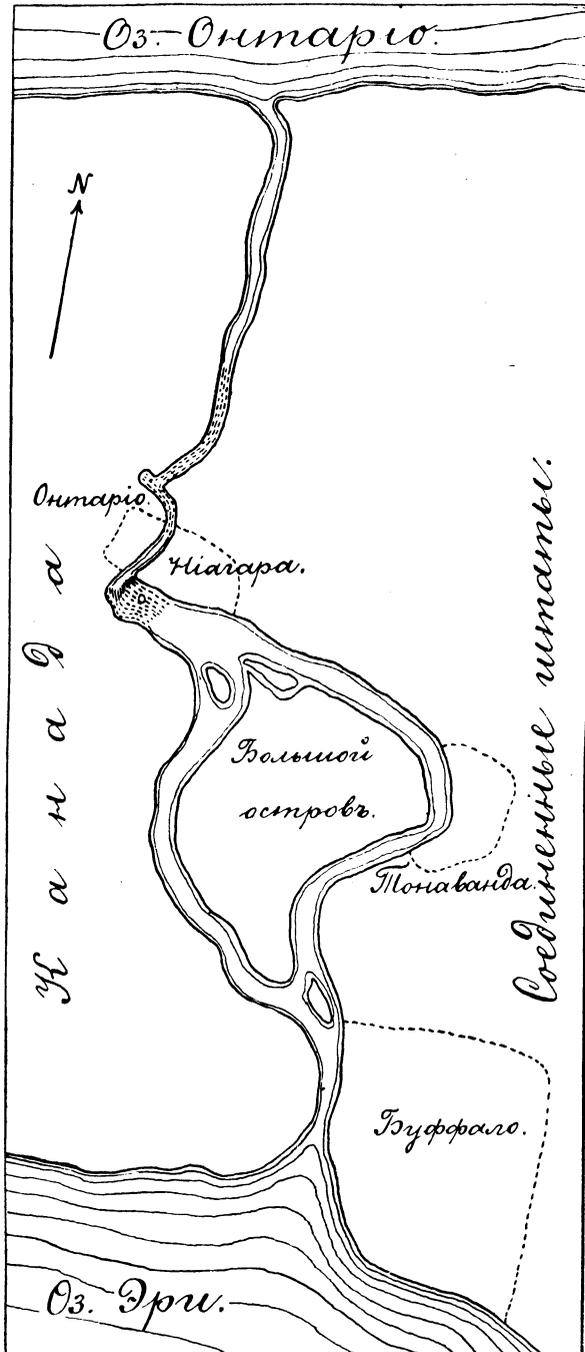


Гидроэлектрическія станціи Ніагарскаго водопада въ ихъ современномъ развитіи.

*Статья инж.-техн. М. Н. Левинскаго.*

Водопадъ «Ніагара» лежитъ на рѣкѣ того же названія, соединяющей озера Эри и Онтарио. Онъ обязанъ своимъ существованіемъ тому, что уровень озера Эри, равно какъ и соединенныхъ

съ нимъ озеро Мичиганъ, Гуронъ и Суперіоръ лежитъ на 336 футовъ (101 метръ) выше уровня Онтарио. Количество воды, протекающей черезъ живое сѣченіе Ніагары равно громадной цифрѣ 7100 м<sup>3</sup>. въ секунду, что впрочемъ не



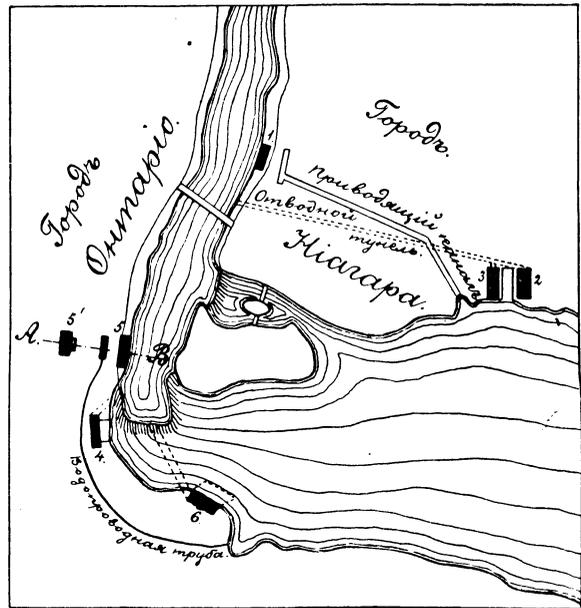
Фиг. 2.

удивительно, если принять во вниманіе величину бассейна четырехъ верхнихъ озеръ.

Длина рѣки отъ ея истока изъ Эри до устья въ Онтарио равна 36 англійскимъ милямъ\*), то-

\*) 1 англ. миля = 1,6 километра.

есть приблизительно 45 километрамъ. Первая 15 миль рѣка протекаетъ съ незначительнымъ паденіемъ, почему на этомъ протяженіи она еще вполне судоходна. Изъ карты, представленной на фиг. 2, видно что ширина ея достигаетъ своего максимума при слияніи двухъ рукавовъ, образующихъ островъ «Grand Island». Въ этомъ мѣстѣ она равна 2½ милямъ. На шестнадцатой милѣ, однако, рѣка теряетъ свой величаво спокойный видъ и постепенно ускоряетъ теченіе; на разстояніи 21½ миль отъ истока паденіе рѣки уже весьма рѣзко увеличивается, и она принимаетъ здѣсь видъ бурно текущихъ пороговъ. Полмили этихъ пороговъ имѣютъ паденіе въ 55 футъ. Въ началѣ 22 мили рѣка свергается въ пропасть глубиною въ 161 футъ, то есть, почти 50 метровъ, образуя этимъ знаменитый водопадъ. Изъ фиг. 2 и 3 видно, что, какъ разъ въ мѣстѣ



Фиг. 3.

водопада, рѣка имѣетъ островъ, именуемый «Goat Island»-омъ; слѣдствіемъ этого является, что онъ образуетъ два отдѣльных каскада, именуемыхъ «Американскимъ водопадомъ» и «Канадскимъ водопадомъ». Такъ какъ р. Ніагара является пограничной между Сѣв. Америк. Соединенными Штатами и Канадой, то названія эти не являются лишь собственными именами двухъ каскадовъ, но и свидѣлствуютъ о дѣйствительной принадлежности одного изъ нихъ къ территоріи Соединенныхъ Штатовъ, а другого Англій. Общій видъ на водопады съ американскаго берега представленъ на фиг. 1.

Американскій водопадъ имѣетъ линію обрыва воды почти прямою, что ясно видно на фиг. 3. Длина этой линіи равна 322 метрамъ. Наоборотъ, линія обрыва Канадскаго водопада видомъ своимъ напоминаетъ немного подкову, почему

его иногда называютъ еще «Horseshoe Fall». Длина линіи обрыва Канадскаго водопада—915 метровъ.

Главная масса водяной струи рѣки протекаетъ черезъ Канадскій водопадъ приблизительно въ срединѣ его, чѣмъ до нѣкоторой степени и объясняется подковообразная форма.

Не болѣе полумили ниже водопадовъ начинаются снова пороги, или вѣрнѣе стремнины, такъ какъ, начиная съ этого мѣста, на протяженіи 7 миль Ніагара имѣетъ паденіе въ 98 футовъ. Уступовъ, однако, нѣтъ, такъ что на протяженіи этихъ 7 миль рѣка имѣетъ видъ громаднаго быстро текущаго потока, но уже не пороговъ.

Послѣднія семь миль Ніагара течетъ совершенно спокойно, имѣя паденіе всего лишь въ 7 футовъ. Здѣсь она снова судоходна; оба берега низменны, и вообще она принимаетъ видъ, весьма сходный съ нашими русскими рѣками. Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ, что въ механическомъ смыслѣ могутъ представлять изъ себя интересъ лишь слѣдующія части рѣки: 1) Пороги, лежащіе надъ водопадомъ. 2) Водопадъ, какъ таковой и 3) стремнина рѣки между 22 и 29 милями ея теченія. Въ настоящее время утилизируются однако лишь два первыхъ источника силы. Утилизациа стремнинъ стоила бы страшно дорого, потому что оба берега ихъ представляютъ изъ себя сплошные массивы изъ твердыхъ горныхъ породъ высотой въ 50 метровъ. Кромѣ того, два первыхъ источника энергіи (пороги и водопадъ) представляютъ изъ себя такой запасъ ея, который во много разъ превосходитъ то количество, которое можетъ быть потреблено въ районѣ круга съ 200 мильнымъ радиусомъ.

Какъ извѣстно, мощность водяного источника силы опредѣляется формулою

$$P = \frac{q \cdot h}{75}$$

гдѣ  $q$ —количество протекающей въ секунду воды въ литрахъ,

$h$ —высота напора въ метрахъ.

Если подставить въ эту формулу вмѣсто  $q$ —710000, а вмѣсто  $h$ —65 метровъ, то-есть, общее паденіе верхнихъ пороговъ и водопада, то получится, что теоретическая мощность этихъ двухъ источниковъ силы будетъ около 600000 лошадиныхъ силъ.

Утилизациа такой громадной силы была въ теченіе многихъ лѣтъ мечтой инженеровъ и предпринимателей. Для этой цѣли было предлагаемо много различныхъ проектовъ, но до наступленія современной эры электротехники (Франкфуртская выставка 1891 года) идея эта не имѣла подъ собой привлекательной для капиталистовъ почвы. Трудность вопроса состояла не въ томъ, какъ заставить дѣйствовать падающую массу воды на водяное колесо или турбину,—ибо многіе изъ предлагавшихся проектовъ

успѣшно разрѣшали эту задачу, а въ томъ—что дѣлать съ добытой механической энергіей на валу двигателя. Какъ устроить передачу, вотъ въ чемъ заключался вопросъ первостепенной важности.

Среди многочисленныхъ проектовъ, поданныхъ въ свое время слѣдуетъ упомянуть о предлагавшейся пневматической передачѣ добытой энергіи. Движимая силою паденія воды турбины должны были приводить въ дѣйствіе воздушные компрессоры, нагнетающіе воздухъ въ обширную сеть трубъ, ведущихъ къ отдѣльно расположеннымъ по соседству заводамъ и фабрикамъ. Послѣдніе же должны были имѣть у себя двигатели, работающіе сжатымъ воздухомъ. Такая пневматическая передача проектировалась между прочимъ и для передачи силы въ Буффало.

Другой планъ состоялъ въ примѣненіи расположенныхъ радіально по отношенію къ центральной станціи длинныхъ передаточныхъ валовъ, приводимыхъ въ движеніе посредствомъ соответствующей передачи отъ установленныхъ на силовой станціи водяныхъ колесъ. Вдоль валовъ должны были помѣщаться фабрики и заводы, потребляющіе энергію, для отдачи которой упомянутые валы должны были соединяться съ соответствующими сѣчными муфтами или другими подобными приспособленіями.

По третьему проекту предполагалось примѣнить сеть поверхностныхъ каналовъ, питаемыхъ водою съ мѣста, лежащаго выше водопадовъ. На этихъ каналахъ располагались турбины отдѣльныхъ заводовъ или фабрикъ, которыя, используя энергію воды, должны были спускать отработавшую воду по особымъ каналамъ, соединяющимся въ одинъ общій,—къ мѣсту, лежащему ниже водопадовъ.

Теперь подобные планы кажутся курьезными, но еще лѣтъ двадцать пять тому назадъ имъ придавали серьезное значеніе. Въ большинствѣ случаевъ они, однако, отвергались изъ-за экономическихъ соображеній, такъ какъ первоначальная стоимость сооружений была бы громадна. Въ шестидесятыхъ годахъ прошлаго столѣтія однако образовалась компанія «The Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Co», задавшаяся цѣлью хоть отчасти утилизировать громадную силу водопада.

Для этого воспользовались чрезвычайно благоприятнымъ изгибомъ рѣки въ мѣстѣ водопада (см. фиг. 2 и 3) и особымъ каналомъ отвели часть воды его къ берегу рѣки, расположенному ниже водопада. Здѣсь каналъ былъ направленъ вдоль берега, а между продольной частью его и рѣкою было устроено нѣсколько фабрикъ—главнымъ образомъ писчебумажныхъ. Поступающая изъ канала вода приводила въ движеніе машины этихъ фабрикъ и спускалась въ нижнее теченіе Ніагары. Въ техническомъ отношеніи устройство это (дѣйствующее и до сихъ поръ) слѣдуетъ признать совершенно варвар-

скимъ, такъ какъ каждая изъ фабрикъ, имѣя потребность въ сравнительно небольшомъ количествѣ силы, утилизировала лишь небольшую часть напора воды и спускала ее съ очень еще большой высоты.

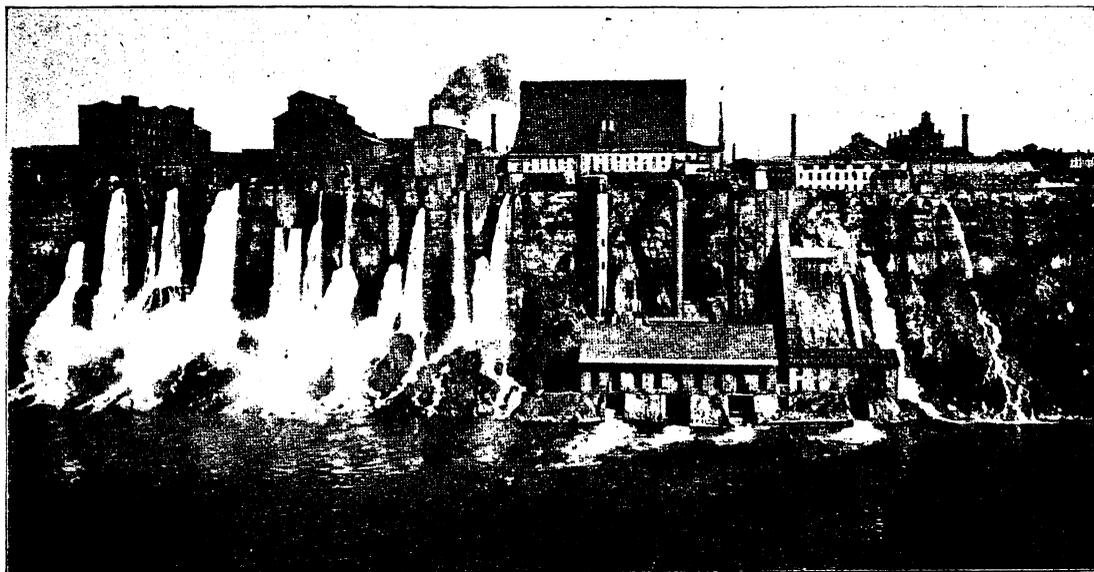
Изъ фиг. 4 не трудно видѣть, что большинство этихъ фабрикъ утилизируютъ лишь самую незначительную часть напора. Правда, что до истощенія водопадовъ еще очень далеко, такъ какъ всѣ послѣдующія силовыя устройства утилизируютъ все практически возможное количество энергій, проходящей черезъ нихъ воды. Еслибы, однако, дальнѣйшее развитие утилизации водопада шло по вышеописанному пути, то несомнѣнно, что его хватило бы не на долго.

Дальнѣйшее развитие утилизации силы шло

«электрическая станція» состояла изъ нѣсколькихъ небольшихъ динамомашинъ, служившихъ для освѣщенія городскихъ улицъ и магазиновъ.

Эта первая по времени гидроэлектрическая станція находилась въ небольшомъ зданіи, изображенномъ на фиг. 4 справа, на уровнѣ нижней воды. Какъ было сказано, эрою современной электротехники является 1891 годъ: съ этого времени, благодаря трудамъ Доливо-Добровольскаго и Броуна, получаютъ права гражданства трехфазный токъ и передача силы на далькія разстоянія.

Это же въ свою очередь дало толчекъ къ постройкѣ большихъ силовыхъ гидроэлектрическихъ станцій на Ниагарскомъ водопадѣ. Деше-



Фиг. 4.

уже рука объ руку съ общимъ развитіемъ электротехники. Еще въ 80 годахъ прошлаго столѣтія стало выясняться, что единственнымъ правильнымъ и вполне экономичнымъ способомъ дробленія энергій будетъ способъ электрической, такъ какъ лишь онъ дастъ возможность строгой зависимости между количествами дѣйствительно использованной энергій и затраченной на это воды.

Къ этому же времени относится и появленіе новыхъ способовъ использованія механической энергій, какъ-то электрическое освѣщеніе и электрометаллургія.

Поэтому уже въ 1881 году вышеназванная компанія приступила къ постройкѣ первой гидроэлектрической станціи. Въ то время дѣло построения динамомашинъ было еще въ совершенно зачаточномъ развитіи, почему вся

визна же электрической энергій, добытой такимъ путемъ, явилась причиной поистинѣ безпримѣрной быстроты развитія промышленности во всемъ окружающемъ районѣ.

Большихъ электрическихъ станцій, утилизирующихъ силу паденія воды въ настоящее время (осень 1905 года) имѣется на Ниагарскомъ водопадѣ—шесть. Таблица приводимая ниже, дастъ главнѣйшія данныя, характеризующія эти станціи. Изъ нихъ три первыхъ находятся въ полномъ ходу и загружены совершенно. Четвертая загружена пока лишь отчасти, и оборудованіе ея не вполне еще закончено; на пятую станцію часть машинъ уже установлена, но еще не вполне готова сѣть проводовъ, и наконецъ, въ шестой только-что окончены гидротехническія сооруженія, и начата установка турбинъ.

Номера на планѣ.	Фирма, владеющая станцией.	Полн. мощность, л. с.	Система тока и напряжение генераторовъ.	Система турбинъ.	Наибольшее напряжение на лини.	Фирма, выполнившая электрическое оборудование.
1	The Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Co.	34000	Постоян. до 500 в. Трехфазн. 11000 в.	Лэффеля Гориз. ось. Обор. 300.	11000	Нѣсколько различныхъ фирмъ.
2	The Niagara Falls Power Co № 1.	50000	Двухфазный 2200 в. 25 ~	Фурнейрона. Вертик. ось. Обор. 250.	22000	Westinghouse Electric Co.
3	The Niagara Falls Power Co № 2.	55000	Двухфазный 2200 в. 25 ~	Франсиса Верт. ось. Обор. 250.	22000	General Electric Co.
4	Canadian Niagara Power Co.	110000	Трехфазный 11000 в. 25 ~	Франсиса Верт. ось. Обор. 250.	60000	General Electric Co.
5	The Ontario Power Co.	180000	Трехфазный 12000 в. 25 ~	Фойта Гориз. ось. Об. 187½.	60000	Westinghouse Electric Co.
6	The Electrical Development Co of Ontario.	125000	Трехфазный 12000 в. 25 ~	Франсиса Верт. ось. Обор. 250.	60000	General Electric Co.

Приведенная таблица представляет изъ себя любопытный примѣръ постепеннаго развитія техники сильныхъ токовъ.

Первая по времени постройки станція № 1 снабжена еще главнымъ образомъ машинами постоянного тока различныхъ конструкций и напряжений; переменный токъ примѣняется еще очень нерѣшительно.

Вторая и третья станціи примѣняютъ уже въ широкомъ размѣрѣ переменный двухфазный токъ и передаютъ его уже на сравнительно большія расстоянія до 45 километровъ.

На четвертой станціи отдается рѣшительное преимущество трехфазному току передъ всѣми остальными; мощность генераторныхъ агрегатовъ доводится до 10000 силъ, а возможность экономической передачи энергіи до 200 километровъ. Устройство передаточныхъ линій дальняго расстоянія на этой станціи однако не представляетъ еще интереса, такъ какъ на далекое расстояние передается лишь сравнительно небольшое количество энергіи, главная масса которой потребляется въ ближайшемъ районѣ. Въ отношеніи передачъ большихъ массъ энергіи на расстоянія отъ 100 до 200 километровъ заслуживаютъ особеннаго интереса послѣднія по времени постройки станціи обозначенныя на таблицѣ и фиг. 3 № 5 и 6.

Первая изъ этихъ станцій предназначается специально для снабженія электрической энергіей мѣстности между Рочестеромъ и Сиракузами, лежащей отъ 100 до 350 километровъ къ востоку отъ Ніагары. Вторая для городовъ Гамильтонъ и Торонто, лежащихъ на берегу озера Онтарио на сѣверно-западной сторонѣ его. Расстояніе отъ Ніагары до Торонто по берегу Онтарио равно 145 километрамъ.

#### Станція The Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Company (№ 1).

Въ 1895 году вышеназванная «Мануфактурная компанія гидравлической силы Ніагарскихъ водопадовъ» приступила къ постройкѣ новой электрической станціи по размѣрамъ своимъ уже во много разъ превосходящей первую.

Какъ видно изъ фиг. 3 и 4, станція эта расположена по теченію рѣки ниже водопадовъ, на американскомъ берегу \*). На фиг. 4 это—большое зданіе, расположенное на уровнѣ нижней воды слѣва.

Вода канала, проведеннаго компаніей для обслуживания фабрикъ, была еще далеко не вся использована, поэтому расположеніемъ станціоннаго зданія между каналомъ и рѣкою создавались весьма удобныя условія для подведенія воды къ турбинамъ: истокъ канала взятъ выше начала верхнихъ пороговъ; полный рабочій напоръ равенъ слѣдовательно  $55' + 161' = 216'$  (паденіе пороговъ плюсъ паденіе водопадовъ). Изъ этихъ 216' использовано въ цѣляхъ подведенія и отведенія воды, то-есть, на паденіе русель приводящаго и отводящихъ каналовъ лишь 6'. Полезный же напоръ, дѣйствующій въ турбинахъ, равенъ 210', то-есть 30 сажениамъ.

Изъ верхнихъ шлюзныхъ камеръ вода протекаетъ къ турбинамъ по тремъ вертикальнымъ желѣзнымъ клепаннымъ трубамъ. Двѣ изъ нихъ имѣютъ діаметръ 11', а одна 8' 6". Трубы эти ясно видны на фиг. 4.

\*) Правильнѣе было бы называть этотъ берегъ въ противоположность «канадскому» берегу «штатскимъ». Примѣняясь, однако, къ мѣстной терминологіи, въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ называть этотъ берегъ «американскимъ», хотя по существу это совершенно неправильно.

Въ настоящее время на станціи работаетъ 15 турбинъ системы Лесфеля (Leffel), развивающихъ каждая въ отдѣльности отъ 1600 до 3500 лошадиныхъ силъ. Общая же мощность станціи, какъ видно изъ таблицы, равна 34000 лошадиныхъ силъ.

Всѣ турбины имѣютъ горизонтальныя оси вращения, что, вообще говоря, при расположеніи турбинъ на уровнѣ нижнихъ водъ является болѣе практичнымъ, такъ какъ избавляетъ отъ необходимости устройства сравнительно сложныхъ гидравлическихъ пьютъ.

Что касается электрической части устройства станціи, то оно весьма разнородно. Въ виду разнообразія примѣненія электрической энергіи, потребляемой кліентами станціи, она вырабатываетъ, какъ постоянный токъ въ 125, 175, 300 и 550 вольтъ, такъ и переменный.

Такъ какъ большинство потребителей тока находятся по близости станціи, то главная часть энергіи воды преобразуется въ постоянный токъ низкаго напряженія. Это же обуславливаетъ собою чрезвычайную крупность коммутационныхъ приборовъ на распредѣлительномъ щитѣ, рубильники, автоматы и измѣрительные приборы котораго конструированы на токи въ нѣсколько тысячъ амперъ. Администрація компаніи заявляетъ, что приборы эти являются наибольшими въ мірѣ (въ смыслѣ амперной нагрузки ихъ, но не ваттной); это весьма вѣроятно: автору по крайней мѣрѣ ни въ Европѣ, ни въ Америкѣ большихъ приборовъ видѣть не пришлось. Двѣ изъ турбинъ станціи соединены съ генераторами, вырабатывающими трехфазный токъ напряженіемъ въ 11000 вольтъ; токъ этотъ затѣмъ трансформируется въ напряженіе 2200 вольтъ и въ такомъ видѣ распредѣляется по потребителямъ сравнительно отдаленнымъ отъ станціи. Такое курьезное преобразование тока съ 11000 на 2200 вольтъ можетъ быть объяснено единственно исторической ошибкой. Не слѣдуетъ забывать, что постройка станціи производилась во второй половинѣ девятыхъ годовъ, когда по вопросу о построеніи машинъ переменнаго тока еще не существовало такихъ твердо установившихся взглядовъ, какъ теперь. Въ настоящее время компаніей проектирована постройка новой электрической станціи мощностью въ 10000 лошадиныхъ силъ. Станцію эту предполагается расположить возлѣ описанной, но нѣсколько ниже по теченію рѣки. Къ постройкѣ ея впрочемъ еще не приступали.

### Станція The Niagara Falls Power Company (№ 2 и 3).

Почти одновременно съ началомъ постройки вышеописанной электрической станціи, обозначенной въ нашей таблицѣ № 1, компанія «The Niagara Falls Power Company» приступила къ выполнению грандіознаго гидроэлектрическаго сооруженія, для полученія мощности въ 10000 лошадиныхъ силъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что тогда, даже въ Америкѣ, сомнѣвались въ возможности использованія такого громаднаго количества электрической энергіи. Владѣльцы станцій и электротехники, привыкшіе къ малому масштабу, были поражены колоссальностью плана. Раздавались скептическія мнѣнія относительно цѣлесообразности затѣи, и сомнѣнія эти, основанныя на тогдашнихъ условіяхъ промышленности, были не совсѣмъ безосновательны.

Вѣроятно, не была вполне чужда такимъ сомнѣніи и сама компанія, такъ какъ приспособивъ гидротехническую часть сооруженія на мощность въ 100—125 тысячъ силъ, она на первое время ограничилась установкой механизмовъ и генераторовъ всего на 50000 силъ.

Дѣйствительность, однако, блестяще опровергла всѣ эти опасенія: 50000 силъ первой станціи, благодаря дешевизнѣ стоимости энергіи и широкому, какъ слѣдствіе этого, развитію электрометаллургіи въ окрестностяхъ Ніагары, были въ теченіе первыхъ годовъ уже лѣтъ раскуплены. Тотчасъ же послѣ окончанія постройки первой станціи компанія приступила къ постройкѣ второй, расположенной рядомъ съ первой и имѣющей общій съ ней приводящій каналъ и отводящій туннель. Мощность этой второй станціи была 55000 лошадиныхъ силъ. Въ 1903 году, однако и этой станціи оказалось уже недостаточно. Дальнѣйшее расширеніе машинныхъ зданій на старомъ мѣстѣ было, однако, невозможно, такъ какъ съченіе отводящаго туннеля было для этого недостаточно.

Поэтому рѣшено было третью станцію мощностью въ 110000 лошадиныхъ силъ построить на канадской сторонѣ рѣки съ тѣмъ, чтобъ работать параллельно съ двумя первыми станціями. По чисто юридическимъ соображеніямъ постройка станціи въ англійскихъ владѣніяхъ (Канада) должна была сопровождаться образованіемъ отдѣльнаго общества «Canadian Niagara Power Company», которое въ сущности представляетъ изъ себя то же общество «The Niagara Falls Power Company».

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что станціи, помѣченныя въ таблицѣ подъ №№ 2, 3 и 4, не только принадлежатъ одному обществу, но и тѣснѣйшимъ образомъ въ работѣ своей связаны между собой.

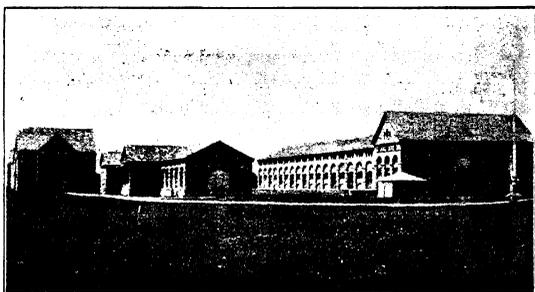
Мы приведемъ здѣсь съ начала параллельное описаніе первыхъ двухъ станцій, какъ весьма похожихъ одна на другую, а затѣмъ отдѣльно описаніе канадской станціи.

На разстояніи приблизительно одной мили вверхъ отъ водопада съ американской стороны прорытъ короткій каналъ, направленный приблизительно перпендикулярно къ рѣкѣ. Каналъ этотъ ведетъ воду къ двумъ генераторнымъ станціямъ № 2 и 3, расположеннымъ вдоль двухъ береговъ его (фиг. 5). Изъ канала вода течетъ черезъ шлюзные ворота къ турбинамъ, установленнымъ надъ двумя прямоугольными ко-

лодками, высѣченными въ твердомъ скалистомъ грунтѣ подѣ обѣими станціями. Пройдя черезъ лопатки турбинъ и отдавъ имъ свою энергію, обработавшая вода поступаетъ въ тунель, имѣющій около 21 фута въ діаметрѣ и проходящій подѣ всѣмъ городомъ на глубинѣ 160 футовъ, по которому она отводится на разстояніе приблизительно въ 7000 футовъ внизъ по теченію отъ водопада.

Каждая турбина соединена непосредственно съ сидящимъ на общемъ пустотѣломъ вертикальномъ валу роторомъ электрическаго генератора, установленного на уровнѣ грунта.

Первая по времени сооруженія генераторная станція на № 2 содержитъ 10 вертикальныхъ турбинъ, соединенныхъ съ альтернаторомъ мощностью въ 5000 лошадиныхъ силъ. Станція № 3, законченная недавно, въ 1904 году, вмѣщаетъ 11 агрегатовъ той же мощности; такъ что общая производительность обѣихъ станцій составляетъ 105000 лощ. силъ.

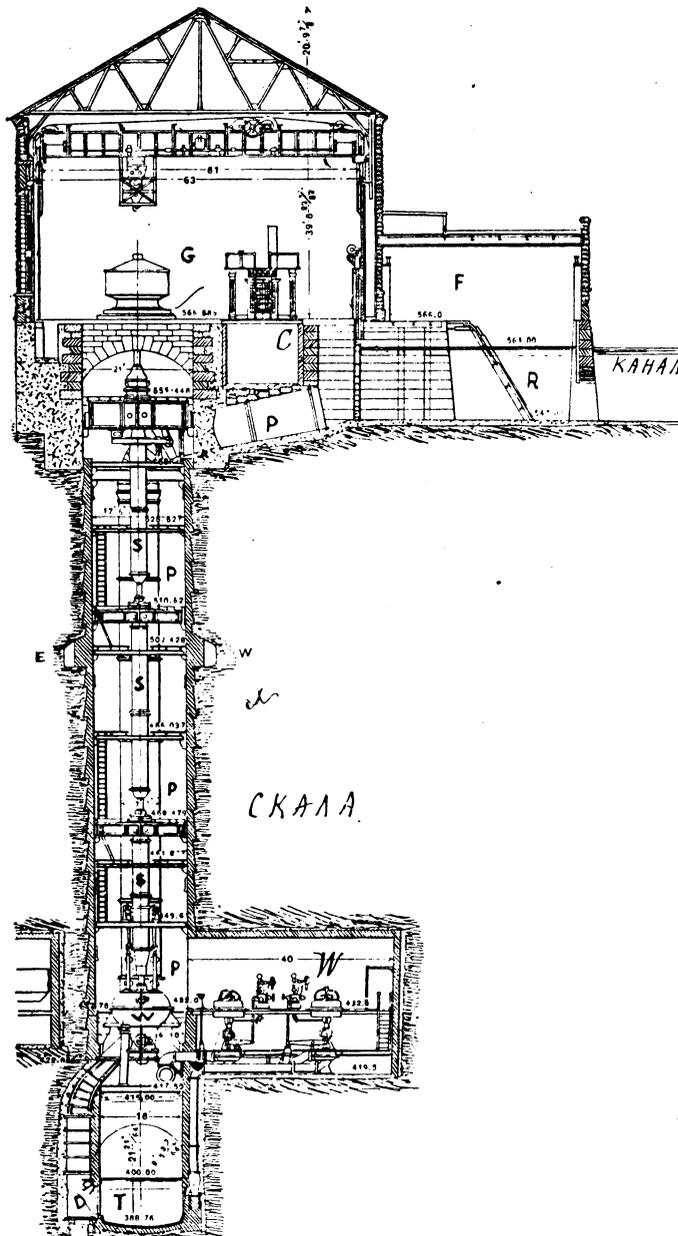


Фиг. 5.

Фиг. 6 изображаетъ разрѣзъ станціи № 3, поясняющій общее расположеніе машинъ, одинаковое въ обѣихъ станціяхъ. Изъ канала вода поступаетъ черезъ подводные своды въ верхнюю шлюзную камеру F. Черезъ рѣшетку R вода направляется отсюда въ шлюзные ворота P и стекаетъ загѣмъ по вертикальной трубѣ въ турбинный кожухъ W. Изъ кожуха вода устремляется подѣ давленіемъ около 50 фунтовъ на квадратный дюймъ въ междулопаточныя пространства турбиннаго колеса, откуда вытекаетъ по трубѣ D въ сточный бассейнъ T; этотъ же бассейнъ отводитъ воду въ мѣста, расположенныя ниже водопада по теченію рѣки.

Всѣ вращающіяся частей турбиннаго агрегата, то есть лопаточнаго колеса, вертикальнаго вала и ротора генератора весьма значителенъ. Опорами для нихъ служатъ гидравлическія пяты, расположенныя въ верхней части вала, какъ разъ подѣ сводомъ, на которомъ установлены генераторы. Независимо отъ этого самія турбины такъ конструированы, что давленіе столба воды въ приводной трубѣ дѣйствуютъ на турбинное колесо въ верхнемъ направленіи по большей площади нежели въ нижнемъ: этимъ достигается почти полное уравновѣшива-

ніе, вращающихся частей даже помимо гидравлической пяты. Эта послѣдняя служитъ главнымъ образомъ лишь при пускѣ турбины въ ходъ: въ этомъ случаѣ давленіе столба воды еще не уравновѣшиваетъ груза вращающихся частей, который и упирается почти всецѣло на пяту. Давленіе подѣ которымъ при этомъ нагнетается масло



Фиг. 6.

въ пяту измѣряется нѣсколькими десятками атмосферъ. При полной нагрузкѣ генератора, когда регуляторный запорный щитъ почти вполне открытъ, давленіе въ пятѣ спускается до 2—3 атмосферъ. Можно бы было такъ спроектировать турбину, чтобъ при полной нагрузкѣ пяты и вовсе бы не понадобилось, то-есть чтобъ весь всѣ вращающихся частей уравновѣшивал-

ся давленіемъ воды; такъ, однако, не дѣлаютъ, такъ какъ при этомъ могла бы получиться равнодѣйствующая направленная вверхъ по валу, то есть, подымающая его. Такимъ образомъ значительная величина дѣйствующаго напора является условіемъ упрощающимъ работу турбинъ, а не усложняющимъ ее, какъ то иногда думаютъ: при маломъ напорѣ притекающей воды пришлось бы въ теченіи всего рабочаго періода держать значительное давленіе масла въ гидравлической пятѣ.

Какъ для второй, такъ и для третьей станціи турбины были изготовлены заводомъ J. P. Morris Co, въ Филадельфій по точнымъ исполнительнымъ чертежамъ, составленнымъ извѣстными швейцарскими заводами: для второй станціи Faesch & Piccard въ Женевѣ, а для третьей Escher Wyss Co въ Цюрихѣ.

На обѣихъ станціяхъ генераторы развиваютъ двухфазный переменный токъ въ 2200 вольтъ напряженіемъ при 25 періодахъ въ секунду. Всѣ генераторы станціи № 2 и половина ихъ на № 3 имѣютъ внѣшнее вращающееся поле зонтичнаго типа. Лишь послѣднія по времени установки пять машинъ имѣютъ внутреннее магнитное поле, наиболѣе современнаго типа. Примѣненіе какъ двухфазнаго тока, такъ и зонтичнаго типа генераторовъ можетъ быть также названо исторической ошибкой, такъ какъ сами американцы въ настоящее время совершенно отказались въ новыхъ постройкахъ, какъ отъ того, такъ и отъ другого.

Собственныхъ возбудителей генераторы не имѣютъ: возбуждающій токъ поступаетъ изъ общей полюсь постояннаго тока, которая въ свою очередь питаются отдѣльными небольшими динамомашинами. Въ нижнемъ этажѣ каждой изъ станцій почти на уровнѣ отводящаго канала высѣчены въ скалистомъ грунтѣ спеціальныя возбудительныя отдѣленія, гдѣ и расположены, какъ динамомшины съ ихъ турбинками, такъ и общий сборный щитъ постояннаго тока.

Распределительныя щиты двухфазнаго тока каждой изъ станцій устроены такъ, что даютъ возможность параллельной работы не только всѣхъ машинъ каждой изъ станцій, но и всѣхъ 20 машинъ обѣихъ станцій.

Синхронизація фазъ при параллельномъ включеніи машинъ производится при помощи общеизвѣстнаго «синхроноскопа» Блонделя, который вообще чрезвычайно распространенъ въ Америкѣ. Воздѣйствіе на регуляторъ въ смыслѣ придачи ему большей или меньшей активности во время синхронизаціи генератора производится отъ руки машинистомъ, стоящимъ у турбины. Синхроноскопъ сдѣланъ большого размѣра и хорошо виденъ отъ каждаго машиннаго агрегата станціи; поэтому машинистъ обыкновенно весьма быстро приводитъ генераторъ къ синхронизму, а отсутствіе возможности непосредственнаго воздѣйствія дежурнымъ у щита на регуляторъ каждаго изъ агрегатовъ совершенно не даетъ себя знать.

Электрическій токъ, отходящій отъ собирательныхъ полюсь обѣихъ станцій съ напряженіемъ въ 2200 вольтъ, при 25 періодахъ въ секунду является, такъ сказать, сырымъ матеріаломъ, надъ которымъ сообразно съ цѣлью его примѣненія производятся затѣмъ различныя преобразования. Токъ, посылаемый со станціи въ сѣть можетъ быть подраздѣленъ на три категоріи:

Первая группа цѣпей служитъ для мѣстнаго пользованія и доставляетъ энергію заводамъ и фабрикамъ, расположеннымъ въ непосредственной близости отъ станціи, посредствомъ подземныхъ кабелей, по которымъ направляется, слѣдовательно, токъ того же напряженія и той же частоты, какимъ онъ развивается генераторами.

Вторая цѣпь служитъ для передачи энергіи на разстоянія средней величины.

Въ этомъ случаѣ двухфазный токъ напряженіемъ въ 2200 вольтъ, преобразуется въ трехфазный съ напряженіемъ въ 11000 вольтъ посредствомъ соответствующихъ повышающихъ трансформаторовъ; этотъ токъ высокаго напряженія проводится подземными кабелями ко второму трансформатору, отстоящему отъ станціи приблизительно на 2 мили и преобразуется здѣсь снова въ двухфазный токъ напряженіемъ въ 2200 вольтъ, который и распределяется посредствомъ подземныхъ кабелей по потребляющимъ энергію пунктамъ. Подобная система примѣняется для заводовъ и фабрикъ, расположенныхъ на такомъ разстояніи отъ генераторной станціи, что стоимость обѣихъ трансформаторовъ—повышающаго и понижающаго, и провода для передачи тока высокаго напряженія обходится дешевле стоимости подземныхъ кабелей, которые шли бы непосредственно отъ станціи и проводили бы токъ напряженіемъ въ 2200 вольтъ. Преобразование же двухфазнаго тока въ трехфазный объясняется достигаемой при трехфазномъ токѣ экономіей мѣди, которая при трехфазномъ токѣ достигаетъ 25% того количества ея, который бы былъ затраченъ при двухфазномъ токѣ того же напряженія и частоты; это преобразование двухфазнаго тока въ трехфазный производится весьма просто при помощи спеціально для этого изготовленныхъ статическихъ трансформаторовъ.

Всѣ подземные кабели проложены въ направляющихъ бетонныхъ трубахъ, что къ сожалѣнію не всегда выполняется у насъ въ Европѣ, даже въ большихъ городахъ.

Третья группа цѣпей служитъ для передачи энергіи на далекія разстоянія. Для этой цѣли двухфазный токъ въ 2200 вольтъ трансформируется въ трехфазной съ напряженіемъ въ 22000 вольтъ и въ такомъ видѣ по воздушнымъ проводамъ проводится въ Буффало и Тонаванду и нѣкоторые другіе города. И въ этомъ случаѣ трехфазный токъ примѣненъ съ цѣлью сбереженія мѣди.

Изъ трансформаторнаго зданія, расположеннаго между двумя генераторными, выходитъ че-

тыре трехфазныхъ линіи высокаго напряженія: одна изъ нихъ обслуживаетъ Тонаванду (15 м.), а три—Буффало (около 22,5 миль).

Изъ трехъ послѣднихъ цѣпей, двѣ состоятъ изъ мѣдныхъ проводовъ, расположенныхъ на одной общей линіи столбовъ. Въ плоскости перпендикулярной направлению проводовъ сѣченіе каждой цѣпи образуетъ правильный равносторонній треугольникъ, что, какъ извѣстно, является однимъ изъ основныхъ условий правильнаго функционирования передачи.

Третья цѣпь проложена на отдѣльной линіи столбовъ, и материаломъ для проводовъ взята здѣсь не мѣдь, а алюминій. Эта алюминиевая линія имѣетъ то же сопротивление, какъ и каждая изъ двухъ другихъ цѣпей и состоитъ изъ трехъ проводовъ. При настоящей рыночной цѣнѣ мѣди американцы находятъ болѣе экономичнымъ пользоваться для воздушныхъ проводовъ алюминіемъ. Проводимость алюминія менѣе таковой мѣди, и цѣна одного фунта дороже, но объемъ одного фунта алюминія гораздо болѣе такого же количества мѣди благодаря большому удѣльному вѣсу послѣдней. Такимъ образомъ, если исходить изъ величины сопротивления, приходящагося на единицу вѣса, то примѣненію алюминія слѣдуетъ отдать предпочтеніе. Кроме того, благодаря большому сѣченію алюминіевыхъ проводовъ и легкости ихъ по сравненію съ мѣдью они лучше противостоятъ напряжениямъ, вызываемымъ силою тяжести, чѣмъ мѣдные провода того же сопротивления.

*(Продолженіе слѣдуетъ).*

## Расчетъ и цѣлесообразное распредѣленіе проводовъ воздушныхъ параллельныхъ линій переменнаго тока.

*Статья инженера Г. П. Марковича.*

*(Окончаніе) \*).*

Разсмотримъ распредѣленіе проводовъ, гдѣ б) провода разныхъ фазъ смѣшиваются. Предположимъ, что провода распредѣлены на углахъ одного квадрата такъ, что параллельно соединенные провода одной фазы находятся на концахъ діагонали квадрата, какъ это указано на фиг. 2, Э—во, 1905 г. № 20 стр. 274, гдѣ провода одной фазы обозначены черезъ  $O_1$  и  $O_2$ , а другой фазы черезъ  $O_3$  и  $O_4$ . Разстоянія между проводами указаны на фигурѣ, а разстояніе нижнихъ проводовъ отъ земли равняется  $h=700$  см., радиусы проводовъ одинаковы  $r=0,33$  см.

Потенціалъ провода  $O_1$  вычисляется по вышеуказаннымъ правиламъ и выражается:

$$V_1 = (V_{s,1} + V_{p,2}) - (V_{m,3} + V_{m,4})$$

или подставляя для  $V_s$ ,  $V_p$  и  $V_m$  соответствующія величины получимъ:

$$V_1 = V_3 = 2 \cdot 2,3q \left[ \left( \log \frac{1800}{0,33} + \log \sqrt{\frac{1600^2 + 200^2}{282}} \right) - \left( \log \sqrt{\frac{1800^2 + 200^2}{200}} + \log \frac{1600}{200} \right) \right].$$

Емкость провода  $O_1$ , которая равна емкости провода  $O_3$  будетъ

$$C_1 = C_3 = \frac{0,0483}{2 \cdot 2,635} = 0,00916 \text{ мф. на 1 км.}$$

Потенціалъ провода  $O_2$  выражается

$$V_2 = V_4 = 2 \cdot 2,3q \left[ \left( \log \frac{1400}{0,33} + \log \sqrt{\frac{1600^2 + 200^2}{282}} \right) - \left( \log \frac{1600}{200} + \log \sqrt{\frac{1400^2 + 200^2}{200}} \right) \right]$$

а емкость провода  $O_2$ , равняется емкости провода  $O_4$

$$C_2 = C_4 = \frac{0,0483}{2 \cdot 2,631} = 0,00917 \text{ мф. на 1 км.}$$

Какъ видно въ данномъ случаѣ емкость больше на 36%, чѣмъ въ случаѣ, когда однородные провода соединяются въ группы, а причину этого явленія мы изложимъ въ слѣдующемъ примѣрѣ.

Въ данномъ случаѣ емкость проводовъ почти одинаковая. Емкость на фазу будетъ

$$C_{1-2} = 2 C_1 = 0,0183 \text{ мф. на 1 км.}$$

а емкость однофазной линіи равняется емкости одного провода

$$C_{2-n} = 0,00916 \text{ мф. на 1 км.,}$$

Для выясненія слѣдующихъ правилъ интересно еще разсмотрѣть и линіи, содержащія больше, чѣмъ два параллельно соединенныхъ провода на фазу. Разсмотримъ еще и

5) однофазную линію, состоящую изъ 6 проводовъ, которые соединяются по три на фазу. Начнемъ съ распредѣленія, гдѣ

а) однородные провода одной фазы соединяются въ группы, какъ это указано на фиг. 3. Э—во, 1905 г. № 20, стр. 275. Провода одной фазы обозначены цифрами  $1_1$ ,  $2_1$  и  $3_1$ , а провода другой фазы  $1_2$ ,  $2_2$  и  $3_2$ , разстояніе между проводами указано на фигурѣ, а ихъ разстояніе отъ земли равняется  $h=700$  см.

Потенціалъ провода  $1$  вычисляется по уравненію:

$$V_1 = (V_{s,1} + V_{p,2} + V_{p,3}) - (V_{m,1} + V_{m,2} + V_{m,3}),$$

подставляя соответствующія величины для  $V_s$ ,  $V_p$  и  $V_m$  мы находимъ, что емкость провода  $1$  будетъ:

\*) См. „Э—во“, 1905 г. № 24, стр. 329.

$$C_1 = 0,00535 \text{ мф. на 1 клм.}$$

провода 2

$$C_2 = 0,00453 \text{ мф. на 1 клм.}$$

и провода 3

$$C_3 = 0,00564 \text{ мф. на 1 клм.}$$

Изъ этого явствуетъ, что емкости провода разнятся, и эту разницу можно формулировать слѣдующимъ образомъ.

Сравнивая емкость одного и того же провода, принадлежащую разнымъ вышеприведеннымъ однофазнымъ линиямъ, мы находимъ, во-первыхъ, что емкость провода уменьшается съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ, когда земля служитъ въ качествѣ обратнаго провода, какъ это выясняется изъ нижеприведенной таблицы; во-вторыхъ, что емкость провода уменьшается также съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ, когда однородные провода, т. е. провода одной фазы, соединяются въ группы. Изъ этого явствуетъ, что однофазные провода, по которымъ протекаютъ токи одного и того же направленія, проявляютъ діэлектризующія дѣйствія между собою.

При изслѣдованіи коэффициента индукціи мы пришли къ совершенно противоположнымъ выводамъ, именно: коэффициентъ индукціи увеличивается съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ, когда однофазные провода соединяются въ группы.

Благодаря этому явленію можно себѣ и разъяснить разницу въ емкости указанныхъ трехъ проводовъ.

Емкость на фазу рассматриваемой линии равняется

$$C'_1 = 0,00535 + 0,00453 + 0,00564 = 0,0155 \text{ мф. на 1 клм.,}$$

а емкость данной линии будетъ

$$C = \frac{1}{2} C'_1 = 0,00775 \text{ мф. на 1 клм.}$$

Разсмотримъ распределение, гдѣ

б) провода разныхъ фазъ смѣшиваются. Предположимъ, что провода распределяются на углахъ равносторонняго шестиугольника такъ, что рядомъ съ проводомъ одной фазы находится проводъ другой фазы, какъ это указано на фиг. 4. Э—во, 1905 г. № 20, стр. 275 гдѣ параллельно соединенные провода одной фазы обозначены черезъ 1', 2' и 3', а параллельно соединенные провода другой фазы черезъ 1'', 2'' и 3''. Разстояніе между проводами указано въ фигурѣ, а разстояніе нижнихъ проводовъ отъ земли равняется 700 см.

Потенціалъ провода 1' вычисляется изъ уравненія

$$V_1 = (V_{s,1} + V_{p,2} + V_{p,3}) - (V_{m,1} + V_{m,2} + V_{m,3})$$

подставляя для  $V_s$ ,  $V_p$  и  $V_m$  соотвѣтствующія величины, мы находимъ, что емкость одного провода равняется

$$C_1 = 0,0093 \text{ мф. на 1 клм.}$$

Сравнивая емкость одного и того же провода въ различныхъ вышеприведенныхъ однофазныхъ линияхъ, мы находимъ, что емкость провода возрастаетъ съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ, когда провода разныхъ фазъ смѣшиваются, какъ это указано въ здѣсь приведенной таблицѣ. Изъ этого вытекаетъ, что провода разныхъ фазъ проявляютъ электризующія дѣйствія между собою вслѣдствіе протекающихъ по нимъ токами обратныхъ направленій.

Система линіи переменнаго то- ка.	Число про- водовъ.	Число па- раллел. со- един. прово- довъ на фа- зу.	Емк. прово- да въ мф. на 1 клм.	Емк. на фа- зу въ мф. на 1 клм.	Емкость ли- нии въ мф. на 1 клм.
Однофазныя ли- ніи, гдѣ земля служ. какъ об- ратный проводъ.	1	1	0,0067	0,0067	
	2	2	0,0056	0,0112	
	3	3	0,0035	0,0105	
Однофазная ли- нія.	2	1	0,0087	0,0087	0,0044
Однофазныя ли- ніи.	4	2	0,0066	0,0132	0,0066
	4	2	0,0091	0,0182	0,0091
Однофазныя ли- ніи.	6	3	0,0054	0,0155	0,0078
	6	3	0,0093	0,0279	0,0140

#### ПРИМѢЧАНІЕ.

Однородные провода соединяются въ группы.

Провода разныхъ фазъ смѣшиваются.

Однородные провода соединяются въ группы.

Провода разныхъ фазъ смѣшиваются.

Для коэффициента индукции мы получили совершенно противоположные результаты. Изъ этого слѣдуетъ, что распредѣленіе проводовъ, которое даетъ наименьшій коэффициентъ индукции, влечетъ за собою и наибольшую емкость однофазныхъ линий.

Само собою разумѣется, что существуютъ способы уменьшить емкость линии, напр., включеніемъ въ цѣнь линии небольшихъ трансформаторовъ, но здѣсь не мѣсто разсматривать эти способы.

Здѣсь было бы уместно сказать нѣсколько словъ о самомъ значеніи термина «емкость». Выраженіе это, которое мы позаимствовали изъ теории тепла и перенесли въ электротехнику, не сохранило того первоначальнаго значенія, какое оно имѣло въ теории тепла. Теплоемкость зависитъ только отъ вещества и массы тѣла, наоборотъ электростатическая емкость не зависитъ ни отъ вещества, ни отъ массы провода, какъ мы это видѣли, но только отъ внѣшнихъ размѣровъ, т. е. формы его и отъ формы и геометрическаго распредѣленія окружающихъ проводовъ. Слѣдовательно, электростатическая емкость для даннаго провода не можетъ быть постоянной величиной, какъ теплоемкость. Электростатическая емкость представляетъ изъ себя скорѣе нѣкоторый коэффициентъ, подобный коэффициенту индукции провода. Подобно тому, какъ при магнитномъ влияніи одного провода на другой, мы говоримъ о самоиндукции и взаимной индукции, съ такимъ же правомъ мы можемъ и при электрическомъ влияніи одного провода на другой говорить и о собственной емкости и взаимной емкости, тѣмъ болѣе, что и форма обозначенія  $V_s$ ,  $V_p$  и  $V_m$ , приведенная мною на стр. 334, Э—во, 1905 г. № 24, отвѣчаетъ формѣ обозначенія  $I_s$ ,  $I_p$  и  $I_m$  хотя значенія этихъ символовъ совершенно различны. Собственная емкость провода обратно пропорциональна величинѣ дѣлителя  $\log \frac{3h}{r}$ , гдѣ  $r$  радиусъ разсматриваемаго провода, а взаимная емкость обратно пропорциональна величинѣ дѣлителя

$$\pm \Sigma \left( \log \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} \right),$$

гдѣ  $D$  разстояніе разсматриваемаго провода отъ окружающихъ проводовъ. Смотри по тому имѣетъ ли это послѣднее выраженіе положительное или отрицательное значеніе, въ зависимости отъ разсматриваемой системы переменнаго тока и линии, т. е. отъ направленія токовъ, протекающихъ по окружающимъ проводамъ и ихъ геометрическаго расположенія, емкость разсматриваемаго провода уменьшается или возрастаетъ. Такое разсмотрѣніе емкости облегчаетъ изученіе емкости воздушныхъ линий переменнаго тока.

Прежде чѣмъ покончить съ однофазными линиями, рѣшимъ еще задачу, какимъ способомъ можно измѣрить на практикѣ емкость данной

однофазной линии, напримѣръ, самой простой, состоящей изъ двухъ проводовъ по одному на фазу. Если длина линии не большая, такъ что можно предположить, что всѣ части линии находятся въ одной фазѣ, то измѣряя силу тока  $J_c$  при нормальномъ напряженіи  $E$  (въ 50000 в. въ данномъ случаѣ) на центральной станціи, когда концы воздушной линии разомкнуты на приемной станціи, мы изъ слѣдующаго отношенія можемъ вычислить емкость:

$$C \cdot l = \frac{J_c}{2\pi \sim E} \text{ въ фарадахъ.}$$

Вычислимъ теперь

В) емкость трехфазныхъ линий. Разсмотримъ въ началѣ

1) симметричную трехфазную линію, состоящую изъ одного провода на фазу, въ которой провода распредѣляются въ углахъ равносторонняго треугольника, со стороны  $D=200$  см, а нижніе провода отстоятъ отъ земли на  $h=700$  см. Хотя разстояніе верхняго провода отъ земли и равняется  $h+0,87 D = 875$  см., но мы предположимъ, что разстояніе всѣхъ трехъ проводовъ отъ земли равно  $h=700$  см.; ошибка, сдѣланная при этомъ предположеніи, ничтожна, такъ что ею можно пренебречь на практикѣ. Предположимъ далѣе, что провода одинаковаго размѣра:  $r=0,33$  см.—радиусъ проводовъ.

Если  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  обозначаютъ заряды проводовъ въ данный моментъ  $t$ , то потенциалы проводовъ выражаются

$$V_1=e_1=2q_1 \lg \frac{2h}{r} + 2q_2 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} + 2q_3 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D}$$

$$V_2=e_2=2q_2 \lg \frac{2h}{r} + 2q_1 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} + 2q_3 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D}$$

$$V_3=e_3=2q_3 \lg \frac{2h}{r} + 2q_1 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} + 2q_2 \lg \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D}$$

гдѣ  $e_1$ ,  $e_2$  и  $e_3$  представляютъ напряжения проводовъ относительно земли въ данный моментъ  $t$ . Не обращая вниманія на особенности трехфазной системы, т. е. величины  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ , мы можемъ изъ этихъ трехъ уравненій вычислить  $q_1$ . Полагая

$$\log \frac{2h}{r} = a, \text{ а } \log \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} = b,$$

находимъ

$$2q_1 = \frac{e_1(a+b) - (e_2+e_3)b}{a^2 + ab - b^2}.$$

Но благодаря свойству трехфазной системы, для мгновенной величины напряжения должно удовлетворяться следующее уравнение:

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0 \text{ или же } e_1 = -(e_2 + e_3)$$

и тогда получимъ

$$2q_1 = \frac{e}{a-b} = \frac{e}{\lg n \frac{2h}{r} - \lg n \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D}}$$

Емкость трехфазной линии на фазу, т. е. одного провода, будетъ

$$C_1 = \frac{q_1}{e_1} = \frac{1}{2 \left( \lg n \frac{2h}{r} - \lg n \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} \right)}$$

въ электростатическихъ единицахъ, или, выражая емкость въ микрофарадахъ,

$$C_1 = \frac{0,0483}{2 \left( \log \frac{2h}{r} - \log \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} \right)} = \frac{0,0483}{2 \log \frac{D}{r} \frac{2h}{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}} \text{ мф. на 1 км.}$$

Но мы могли бы вывести то же самое уравнение еще следующимъ образомъ. Предполагая синусоидальные токи, можно выразить заряды проводовъ следующимими формулами:

$$q_1 = Q_1 \sin \omega t, \quad q_2 = Q_2 \sin (\omega t - 120) \text{ и} \\ q_3 = Q_3 \sin (\omega t - 240);$$

принимая во вниманіе, что и для мгновенныхъ величинъ заряда должно удовлетворяться соотношение

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \text{ или же } q_1 = -(q_2 + q_3),$$

изъ приведеннаго уравненія для потенциала  $V_1$  находимъ

$$V_1 = q_1 \left( 2 \lg n \frac{2h}{r} - 2 \lg n \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} \right).$$

Емкость провода 1 выразится такъ

$$C_1 = \frac{0,0483}{2 \log \frac{D}{r} \frac{2h}{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}} \text{ мф. на 1 км.}$$

Если разстояніе между проводами небольшое въ сравненіи съ разстояніемъ  $h$  отъ земли, то величина

$$\frac{2h}{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}$$

равняется почти единицѣ и тогда емкость на фазу будетъ

$$C_1 = \frac{0,0483}{2 \log \frac{D}{r}} \text{ мф. на 1 км.}$$

Изъ этого уравненія явствуетъ, что емкость трехфазной линии въ два раза больше, чѣмъ емкость однофазной линии.

Емкостная восприимчивость трехфазной линии будетъ

$$b_c = 2\pi \sim C \cdot 10^{-6} = \frac{2\pi \sim 0,0483 \cdot 10^{-6}}{2 \left( \log \frac{2h}{r} - \log \frac{\sqrt{(2h)^2 + D^2}}{D} \right)}$$

мо на 1 км.,

а зарядный токъ

$$J_c = b_c \cdot E_0 = 2\pi \sim C \cdot 10^{-6} E_0 \text{ амперъ на 1 км.}$$

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что этотъ токъ и емкостная восприимчивость опережаютъ напряжение фазы  $E_0$  на  $90^\circ$ , т. е. разность потенциала между проводомъ и нейтральной точкой (землей).

Примѣръ. При вышеприведенныхъ данныхъ линии, емкость трехфазной линии на фазу выражается

$$C_1 = \frac{0,0483}{2 \left( \log \frac{1400}{0,33} - \log \frac{\sqrt{1400^2 + 200^2}}{200} \right)} = 0,0086 \text{ мф. на 1 км.}$$

Емкость верхняго провода, принимая для него разстояніе  $h=870$  см. отъ земли, была бы

$$C = \frac{0,0483}{2 \left( \log \frac{1740}{0,33} - \log \frac{\sqrt{1740^2 + 200^2}}{200} \right)} = 0,00865 \text{ мф. на 1 км.}$$

и мы видимъ, что ошибка, сдѣланная нами въ предположеніи, что провода находятся на одной высотѣ отъ земли, ничтожна.

Зарядный токъ при напряженіи  $E_0$  въ 30000 вольтъ будетъ

$$J_c = 6,28 \cdot 25 \cdot 0,0086 \cdot 10^{-6} \cdot 30000 = 0,042 \text{ ампера на 1 км.}$$

Вычисленіе емкости трехфазныхъ линий не представляетъ никакихъ затрудненій, пока коэффициенты  $q_2$  и  $q_3$  одинаковы, но когда эти коэффициенты различны, какъ это имѣетъ мѣсто для сложныхъ трехфазныхъ линий, содержащихъ нѣсколько параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу, тогда алгебраическое вычисленіе становится затруднительнымъ, пожалуй и невозможнымъ, и въ такихъ случаяхъ нужно прибѣгнуть къ графическому вычисленію емкости сложныхъ или же не симметрическихъ трехфазныхъ линий. Свой способъ, графическаго вычисленія я желаю изложить на здѣсь приведенномъ примѣрѣ симметричной линии для того, чтобы можно было сравнить результаты графическаго вычисленія съ результатами алгебраическаго вычисленія и убѣдиться въ вѣрности и точности моихъ векторныхъ диаграммъ.

Предполагая синусоидальные токи, потенциалъ провода 1 можно выразить уравненіемъ

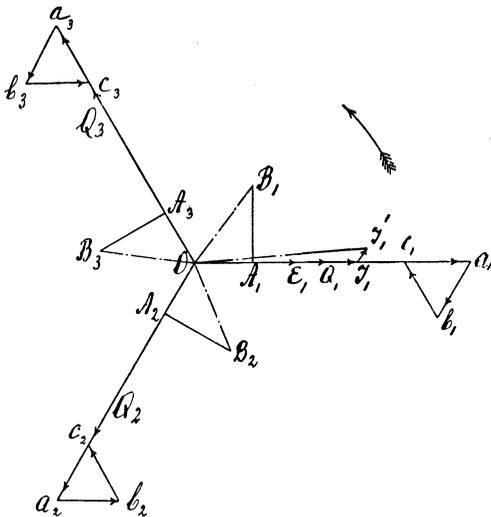
$$V_1 = 2,3 \left[ 2 Q_1 \log \frac{1400}{0,33} \sin \omega t + 2 Q_2 \log \sqrt{\frac{1400^2 + 200^2}{200}} \sin (\omega t - 120) + 2 Q_3 \log \sqrt{\frac{1400^2 + 200^2}{200}} \sin (\omega t - 240) \right]$$

или, вычисляя логарифмы, получимъ

$$V_1 = 2,3 [7,256 Q_1 \sin \omega t + 1,70 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 1,70 Q_3 \sin (\omega t - 240)].$$

Благодаря свойству симметрической трехфазной линии, максимальныя, а также и дѣйствующія величины передаваемого тока, а слѣдовательно и максимальныя величины зарядовъ одинаковы, и можно писать:  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ . Далѣе это послѣднее уравненіе дѣйствительно для любой величины  $Q$ , слѣдовательно и для величины  $Q = 1$  и наша задача сводится теперь къ тому, чтобы графически вычислить величину въ скобкахъ для  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$ .

Графическое вычисленіе этой величины приведено въ фиг. 7, гдѣ  $Oa_1, Oa_2$  и  $Oa_3$  представляютъ векторы токовъ или же векторы со-



Фиг. 7.

отвѣтствующихъ зарядовъ  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$ . Векторъ  $7,256 Q_1 = 72,5$  мм.  $= Oa_1$  для  $Q_1 = 1$ , нанесенъ на линии вектора заряда  $Q_1$ , векторъ  $1,70 Q_2 = 17$  мм.  $= a_1 b_1$  для  $Q_2 = 1$ , нанесенъ въ фазѣ съ векторомъ заряда  $Q_2$  и наконецъ, векторъ  $1,70 Q_3 = 17$  мм.  $= b_1 c_1$  для  $Q_3 = 1$ , также нанесенъ въ фазѣ съ векторомъ заряда  $Q_3$ , слѣдовательно векторъ  $Oc_1 = 55,6$  мм.  $= 5,56$  обратно пропорціоналенъ емкости провода 1 или же фазы 1. Емкость провода 1 равняется

$$C_1 = \frac{0,0483}{5,56} = 0,0086 \text{ мф. на 1 км.}$$

Это та же самая величина, которую мы и раньше получили, слѣдовательно построеніе вектор-

ной диаграммы вѣрно. Векторъ  $OC_1$  можетъ также въ соотвѣтственномъ масштабѣ представлять и емкость фазы 1 разсматриваемой трехфазной линіи.

Точно такія же уравненія можно вывести и для потенциаловъ провода 2 и 3, а именно

$$V_2 = 2,3 [7,256 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 1,70 Q_1 \sin \omega t + 1,20 Q_3 \sin (\omega t - 240)]$$

$$V_3 = 2,3 [7,256 Q_3 \sin (\omega t - 240) + 1,70 Q_1 \sin \omega t + 1,70 Q_2 \sin (\omega t - 120)].$$

Такъ какъ алгебраической зависимости мгновенныхъ величинъ соотвѣтствуетъ геометрическая зависимость максимальныхъ величинъ, то можно по выше изложенному для  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$  графически вычислить и емкость фазъ 2 и 3.

Изъ векторной диаграммы выясняется, что разсматриваемая трехфазная линія совершенно симметрична и въ электрическомъ отношеніи, т. е. въ отношеніи емкости фазъ.

Предположимъ, что какимъ-либо способомъ регулировки фазъ отставаніе въ фазѣ силы тока относительно напряженія равняется нулю, тогда векторъ  $Oa_1$  представляетъ и векторъ напряженія на приѣмной станціи. Предположимъ далѣе, что отвѣтвленный токъ  $J_w = \lambda E_0$  равняется въ данномъ случаѣ 0,03 ампера на 1 км., а зарядный токъ  $J_c = 0,042$  ампера на 1 км., какъ это было вычислено выше. Нанесемъ на векторѣ напряженія  $Oa_1$  векторъ отвѣтвленного тока  $OA_1 = J_w = \lambda E_0 = 0,03$  амп.  $= 15$  мм., а на перпендикулярѣ, возстановленномъ въ точкѣ  $A_1$  къ  $OA_1$  въ направленіи опереженія, векторъ заряднаго тока  $A_1 B_1 = J_c = b_c E_0 = 0,042$  амп.  $= 21$  мм., тогда векторъ  $OB_1 = 26$  мм.  $= 0,052$  амп.  $= J_p$  представляетъ по величинѣ и по фазѣ паденіе силы тока вдоль провода фазы 1. Если векторъ  $OJ_1$  представляетъ токъ на приѣмной станціи, то, проведя изъ точки  $J_1$  параллельную линію къ  $OB_1$  и нанеся на ней  $J_p = 0,052$  амп.  $= J_1 J_1'$  въ томъ же масштабѣ, какъ  $OJ_1$ , видимъ, что векторъ  $OJ_1'$  представляетъ по величинѣ и по фазѣ силу тока на разстояніи 1 км. отъ приѣмной станціи.

Векторъ  $A_1 B_1$  можетъ въ соотвѣтственномъ масштабѣ  $\frac{A_1 B_1}{E_0} = \omega C_1 = b_{c,1}$  представлять и емкость воспримчивость фазы 1, и мы видимъ, что  $A_1 B_1$  опережаетъ векторъ емкости  $OC_1$ , а также и векторъ напряженія фазы въ данномъ случаѣ на  $90^\circ$ .

Согласно вышесказанному векторъ  $Oa_1$  пропорціоналенъ собственной емкости, а векторы  $a_1 b_1$  и  $b_1 c_1$  пропорціональны взаимной емкости соотвѣтственныхъ фазъ.

Вычислимъ емкость

2) дисимметричной трехфазной линіи, состоящей изъ одного провода на фазу, въ которой провода распредѣляются въ одной плоскости, какъ это имѣетъ мѣсто для

электрическихъ желѣзныхъ дорогъ. Пусть будетъ  $D=200$  см. разстояніе между проводами, а разстояніе нижняго провода отъ земли  $h=700$  см., провода одинаковы, радиусъ  $r=0,33$  см., и средній проводъ обозначенъ черезъ 1. Если  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  представляютъ заряды проводовъ въ данный моментъ  $t$ , то потенциалы проводовъ могутъ быть выражены уравненіями:

$$V_1=2,3 \left( 2q_1 \log \frac{1800}{0,33} + 2q_2 \log \frac{2000}{200} + 2q_3 \log \frac{1600}{200} \right)$$

$$V_2=2,3 \left( 2q_2 \log \frac{2200}{0,33} + 2q_1 \log \frac{2000}{200} + 2q_3 \log \frac{1800}{400} \right)$$

$$V_3=2,3 \left( 2q_3 \log \frac{1400}{0,33} + 2q_1 \log \frac{1600}{200} + 2q_2 \log \frac{1800}{400} \right)$$

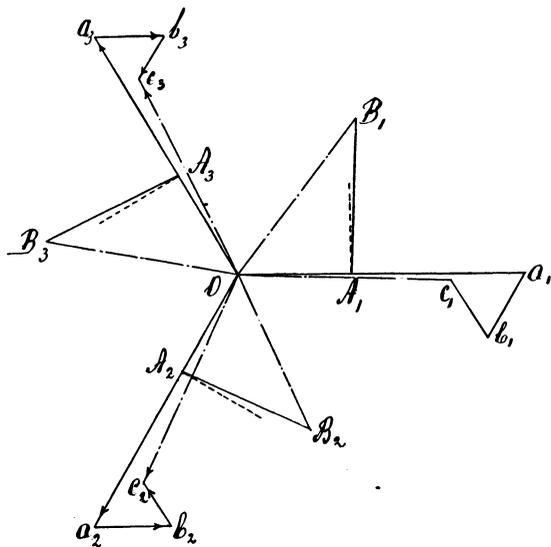
Предполагая синусоидальные токи и вычисляя логарифмы, получимъ

$$V_1=2,3 [7,47 Q_1 \sin \omega t + 2 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 1,81 Q_3 \sin (\omega t - 240)]$$

$$V_2=2,3 [7,65 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 2 Q_1 \sin \omega t + 1,31 Q_3 \sin (\omega t - 240)]$$

$$V_3=2,3 [7,25 Q_3 \sin (\omega t - 240) + 1,81 Q_1 \sin \omega t + 1,31 Q_2 \sin (\omega t - 120)].$$

Въ предположеніи, что фазы передаютъ равные токи, и переходя отъ мгновенныхъ къ дѣйствующимъ величинамъ зарядовъ, графическое вычисленіе векторныхъ величинъ въ скобкахъ для  $Q_1=Q_2=Q_3=1$  указано въ фиг. 8. Построе-



Фиг. 8.

ніе векторной діаграммы совершается точно такъ, какъ это нами изложено въ предыдущемъ параграфѣ, и мы находимъ что векторъ  $OC_1=55,5$  мм.  $=5,55$  или же въ соотвѣтственномъ масштабѣ  $C_1 = \frac{0,0483}{5,55} = 0,0087$  мф. на 1 клм. представляетъ емкость фазы 1, векторъ же  $OC_2=60,7$  мм.  $=6,07$  или же въ соотвѣтственномъ мас-

штабѣ  $C_2 = \frac{0,0483}{6,07} = 0,00795$  мф. на 1 клм., емкость фазы 2, и наконецъ, векторъ  $OC_3=58$  мм.  $=5,8$  или же въ соотвѣтственномъ масштабѣ  $C_3 = \frac{0,0483}{5,8} = 0,0083$  мф. на 1 клм. емкость фазы 3.

Изъ этого явствуетъ, что не симметричное распредѣленіе проводовъ ведетъ къ разнымъ емкостямъ фазъ, и векторы, представляющіе соотвѣтственные емкости фазъ не отстоятъ больше на  $120^\circ$  другъ отъ друга, но уголъ между  $OC_1$  и  $OC_2$  равняется  $113^\circ$ , уголъ между  $OC_1$  и  $OC_3$  равняется  $118^\circ$  а уголъ между  $OC_2$  и  $OC_3$  равняется въ  $129^\circ$ .

Предполагая, что векторы фазоваго напряженія въ  $E_0=30000$  вольтъ совпадаютъ въ фазѣ съ соотвѣтствующими векторами тока на приѣмной станціи и предполагая, что токи отвѣтвляющейся равняются  $J_w=0,03$  амперъ на 1 клм., можемъ нанести векторы токовъ отвѣтвления на соотвѣтствующихъ векторахъ напряженія  $OA_1=OA_2=OA_3=0,03$  амп.  $=30$  мм. Построивъ теперь изъ точки  $A_1$  перпендикуляръ къ  $OC_1$  въ направленіи опереженія и нанося на немъ отъ точки  $A_1$  векторъ заряднаго тока  $AB_1=J_{c,1}=157 \cdot 0,0087 \cdot 30000 \cdot 10^{-6} = 0,041$  амперъ  $=41$  мм., находимъ, что векторъ  $OB_1=51,5$  мм.  $=0,052$  ампера на 1 клм., представляетъ по величинѣ и по фазѣ потерю силы тока вдоль проводовъ фазы 1.

Повторяя это построеніе для фазы 2 и 3, мы находимъ, что потеря силы тока вдоль провода фазы 2 равняется  $OB_2=45,5$  мм.  $=0,0455$  амперъ на 1 клм., а потеря силы тока вдоль провода фазы 3  $OB_3=51$  мм.  $=0,051$  амперъ на 1 клм.

Изъ векторной діаграммы явствуетъ, что векторъ емкостной восприимчивости  $b_{c,1} = A_1B_1 = \frac{b_c E}{E} = 4,01 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм. (въ соотвѣтствующемъ масштабѣ) не опережаетъ больше векторъ напряженія  $OA_1$  на  $90^\circ$ , но на  $92^\circ$ ; векторъ емкостной восприимчивости фазы 3  $b_{c,3} = 1,30 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм. — на  $94^\circ$ , а векторъ емкостной восприимчивости фазы 2  $b_{c,2} = 1,26 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм. — на  $85^\circ$ . Емкостныя восприимчивости, которыя не перпендикулярны къ векторамъ напряженія, носятъ названіе косыхъ емкостныхъ восприимчивостей, по аналогіи съ названіемъ косыхъ индуктивныхъ сопротивленій.

Хотя въ параграфѣ объ индукціи трехфазныхъ линий и было сказано, что провода трехфазныхъ линий, содержащихъ нѣсколько параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу, должны распредѣляться на углахъ равностороннихъ треугольниковъ, но все-таки мы желаемъ и въ электрическомъ отношеніи разсматривать и распредѣленіе однородныхъ проводовъ въ группахъ и смѣшанное распредѣленіе проводовъ разныхъ фазъ, чтобы увидѣть, какую емкость даетъ такое распредѣленіе проводовъ.

3) Трехфазныя лініі, содержащія нѣсколько параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу. Рассмотримъ, во-первыхъ

а) трехфазную лінію, содержащую два параллельно соединенныхъ провода на фазу. Соединимъ

1. однородные провода въ группы, какъ это указано на фиг. 3, Э—во, 1905 г. № 20 стр. 275 гдѣ провода одной фазы обозначены черезъ 2<sub>1</sub>, 3<sub>1</sub>, провода второй фазы черезъ 2<sub>2</sub>, 3<sub>2</sub>, а третьей черезъ 2<sub>3</sub> и 3<sub>3</sub>, то есть, гдѣ провода распределяются на углахъ двухъ равностороннихъ треугольниковъ, расположенныхъ одинъ въ другомъ. Расстояние между проводами указано въ фигурѣ, а расстояние проводовъ отъ земли предполагается равнымъ 700 см.

Потенціалъ провода вычисляется изъ уравненія

$$V_1 = (V_{s,3} + V_{p,2}) + (V'_{m,3} + V'_{m,2}) + (V''_{m,3} + V''_2)$$

въ предположеніи, что провода передаютъ равные токи. Емкость провода 2<sub>1</sub> равняется приблизительно 0,0065 мф. на 1 кл.

Дальнѣйшее рѣшеніе этой задачи мы представляемъ читателю и замѣтимъ лишь, что такое распределеніе проводовъ ведетъ къ разнымъ емкостямъ въ проводахъ, и что векторная діаграмма въ данномъ случаѣ содержитъ и косыя емкостныя восприимчивости.

Распределеніе проводовъ, гдѣ

2) провода разныхъ фазъ смѣшиваются, располагая провода на углахъ равносторонняго шестиугольника, ведетъ къ равнымъ

емкостямъ въ проводахъ, принимая, что расстоянія проводовъ отъ земли одинаковы, равны  $h=700$  см. Но въ данномъ случаѣ емкость одного провода  $C=0,0088$  мф. на 1 клм. становится больше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. Рассмотримъ, во-вторыхъ:

б) трехфазную лінію, содержащую по три параллельно соединенныхъ провода на фазу. Что же касается распределенія, гдѣ

1) однородные провода соединяются въ группы, размѣщая провода на углахъ трехъ равностороннихъ треугольниковъ, расположенныхъ одинъ въ другомъ, какъ это указано на фиг. 3, Э—во 1905 г. № 20 стр. 275 то такое распределеніе проводовъ производитъ полную дисимметрію трехфазной лініи и въ электрическомъ отношеніи и не можетъ быть рекомендовано. Емкость одного провода  $I_1$  равняется въ данномъ случаѣ приблизительно 0,0054 мф. на 1 клм.

Цѣль настоящаго рассмотрѣнія была только та, чтобы придти къ слѣдующимъ выводамъ:

сравнивая емкость одного и того же провода, когда онъ принадлежитъ разнымъ вышеприведеннымъ лініямъ, т. е. когда онъ только одинъ числится на фазу, и когда онъ соединяется съ другими проводами параллельно на одну фазу, мы находимъ, что емкость провода уменьшается съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ, когда однородные провода соединяются въ группы, вслѣдствіе дѣйствія однородныхъ проводовъ другъ на друга, какъ это выясняется изъ здѣсь приведенной таблицы.

Система ліній перемѣннаго тока.	Число проводовъ.	Число параллельно соедин. проводовъ на фазу.	Емк. провода въ мф. на 1 клм.	Емкость на фазу въ мф. 1 клм.	ПРИМѢЧАНІЕ.
	3	1	0,0086	0,0086	
Трехфазныя лініи.	6	2	0,0065	—	Однородные провода соединяются въ группы.
	6	2	0,0088	—	Провода разныхъ фазъ смѣшиваются.
	9	3	0,0054	—	Однородные провода соединяются въ группы.
	9	3	—	—	Провода разныхъ фазъ смѣшиваются.

Рассмотримъ и случай, когда

2) провода разныхъ фазъ смѣшиваются. Для того, чтобы получить равную емкость въ проводахъ, слѣдовало бы распределить провода на углахъ односторонняго девятиугольника, но въ виду большаго расстоянія между проводами, въ 2,0 метра для даннаго случая, такая установка стоила бы дорого, какъ это уже было сказано, и не можетъ быть рекомендована.

Еслибы даже и рѣшились на эту затрату, то все-таки имѣли бы и косыя емкостныя восприимчивости въ фазахъ (не такъ рѣзко выраженной).

Но при смѣшиваніи проводовъ разныхъ фазъ слѣдуетъ указать на слѣдующее явленіе.

Сравнивая емкость одного и того же провода, когда онъ только одинъ числится на фазу и когда онъ соединяется съ другими проводами въ фазѣ въ выше приведенныхъ лініяхъ, мы

находимъ, что емкость провода возрастаетъ съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу, когда провода разныхъ фазъ смѣшиваются, какъ это видно изъ здѣсь приведенной таблицы.

Сравнивая здѣсь приведенную таблицу съ таблицей, (Э—во 1905 г. № 20 стр. 276) для коэффициентовъ индукціи трехфазныхъ линий, можно убедиться, что распределение проводовъ, которое даетъ самый меньшій коэффициентъ индукціи, даетъ одновременно и самую большую емкость.

Далѣе можно сдѣлать и такое заключеніе, что это распределение проводовъ ведетъ къ косымъ емкостнымъ восприимчивостямъ.

Что же касается распределения проводовъ трехфазныхъ линий, содержащихъ нѣсколько параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу, мы приходимъ къ тому же заключенію, что провода разныхъ фазъ нужно распределять по три на углахъ равностороннихъ треугольниковъ и устанавливать ихъ потомъ одинъ возлѣ другаго, то есть устанавливать разныя трехфазныя линии одну возлѣ другой.

Разсмотримъ теперь

4) электрическое вліяніе одной трехфазной линии на другую или, что одно и то же, взаимную емкость двухъ трехфазныхъ линий. Предположимъ, что двѣ трехфазныя линии устанавливаются такъ, какъ это указано въ фиг. 3, Э—во 1905 г. № 22—23 стр. 308 гдѣ разстояніе между проводами обозначено. Предположимъ далѣе, что

1) провода трехфазныхъ линий не переплетаются. Если  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  обозначаютъ заряды проводовъ въ данный моментъ, которые мы предполагаемъ одинаковыми для обѣихъ линий, то потенциалы проводовъ выражаются уравненіями:

$$V_1=2,3 \left[ 2q_1 \left( \log \frac{1400}{0,33} + \log \sqrt{\frac{1400^2+400^2}{400}} + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_2 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+346^2}{346}} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_3 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200}} \right) \right] \\ V_2=2,3 \left[ 2q_2 \left( \log \frac{1400}{0,33} + \log \sqrt{\frac{1400^2+400^2}{400}} + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_1 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+400^2}{400}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+530^2}{530}} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_3 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200^2}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+346^2}{346}} \right) \right] \\ V_3=2,3 \left[ 2q_3 \left( \log \frac{1400}{0,33} + \log \sqrt{\frac{1400^2+400^2}{400}} + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_1 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+600^2}{600}} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2q_2 \left( \log \sqrt{\frac{1400^2+200^2}{200}} + \log \sqrt{\frac{1400^2+530^2}{530}} \right) \right]$$

Предполагая синусоидальные токи и вычисляя логарифмы, получимъ

$$V_1=2,3 [8,38 Q_1 \sin \omega t + 2,6 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 3,40 Q_3 \sin (\omega t - 240)]$$

$$V_2=2,3 [8,38 Q_2 \sin (\omega t - 120) + 2,6 Q_1 \sin \omega t + 2,94 Q_3 \sin (\omega t - 240)]$$

$$V_3=2,3 [8,38 Q_3 \sin (\omega t - 240) + 2,51 Q_1 \sin \omega t + 2,6 Q_2 \sin (\omega t - 120)].$$

Въ предположеніи, что фазы передаютъ одинаковые токи, переходимъ отъ мгновенныхъ къ дѣйствующимъ величинамъ зарядовъ; графическое вычисленіе величинъ въ скобкахъ для  $Q_1=Q_2=Q_3=1$  указано на фиг. 8. Построеніе диаграммы совершенно по вышеприведеннымъ правиламъ, и мы находимъ, что векторъ  $OC_1=52$  мм.=5,2 представляетъ дѣйствующую величину въ скобкахъ или же емкость фазы 1 въ масштабѣ  $C_1 = \frac{0,0483}{5,2} = 0,00892$  мф. на 1 клм., а векторы же  $OC_2$  и  $OC_3$  емкость фазы 2  $C_2 = \frac{0,0483}{5,7} = 0,0083$  мф. на 1 клм. и емкость фазы 3  $C_3 = \frac{0,0483}{5,9} = 0,00817$  мф. на 1 клм. Емкостныя восприимчивости фазъ будутъ:  $\omega C_1 = 1,4 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм.,  $\omega C_2 = 1,3 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм. и  $\omega C_3 = 1,28 \cdot 10^{-6}$  мо на 1 клм.

Предполагая, что векторы напряженія  $E_0=3000$  вольтъ совпадаютъ съ векторами токовъ на приемной станціи, видимъ, что векторы емкостной восприимчивости не опережаютъ на  $90^\circ$  соответствующіе векторы напряженія, но что векторъ  $\omega C_1=A_1V_1$  опережаетъ на  $86^\circ$ , векторъ  $\omega C_2=A_2V_2$ —на  $95^\circ$ , а векторъ  $OC_3=A_3V_3$ —на  $91^\circ$ , соответствующіе векторы напряженія. Векторы  $OA_1=OA_2=OA_3=0,03$  амп.= $J_w=30$  мм. представляютъ токи отвлѣтленія. Потеря силы тока вдоль проводовъ фазы 1 равняется  $OB_1=50$  мм.=0,05 амп. на 1 клм., вдоль проводовъ фазы 2  $OB_2=51$  мм.=0,051 амп. на 1 клм., и вдоль проводовъ фазы 3  $OB_3=49,5$  мм.=0,0495 амп. на 1 клм.

Наше заключеніе, что распределение проводовъ, которое ведетъ къ косымъ индуктивнымъ сопротивленіямъ, ведетъ одновременно и къ косымъ емкостнымъ восприимчивостямъ, подтверждается здѣсь приведенной диаграммой, такъ какъ распределение проводовъ, гдѣ провода трехфазныхъ линий не переплетаются, давало намъ, согласно диаграммѣ фиг. 4, Э—во, 1905 г. № 22—23 стр. 309, косыя индуктивныя сопротивленія, и мы видимъ, что оно даетъ и косыя емкостныя восприимчивости.

2) Провода трехфазныхъ линий переплетаются. Переплетеніе проводовъ въ одной трехфазной линии не устраняетъ косвенныхъ емкостныхъ восприимчивостей и не даетъ равномерныхъ потерь силы тока въ фазахъ, такъ какъ такое распределение проводовъ давало косыя индуктивныя сопротивленія.

Но если переплести провода въ обѣихъ трехфазныхъ линияхъ такъ, какъ это указано на стр. 312, Э—во, 1905 г. №22—23 т. е. чтобы провода одной линии совершили одинъ полный циклъ плетения, въ то время, какъ другая линия на томъ же самомъ разстояніи совершаетъ три переплетения, то не только магнитное, но и электрическое вліяніе одной трехфазной линии на другую сводятся къ нулю.

Этимъ мы заканчиваемъ изученіе емкости воздушныхъ линий переменнаго тока; замѣтимъ, что здѣсь приведеннымъ графическимъ способомъ автора вычисленіе емкости самыхъ сложныхъ воздушныхъ линий совершается очень легко и очень быстро.

Что же касается практической стороны установки линии, то мы повторяемъ, что это зависитъ отъ способности проектирующаго инженера плесообразно примѣнить принципы теории при устройствѣ длинныхъ воздушныхъ линий переменнаго тока для передачи электрической энергии на болѣе и менѣе далекия разстоянія.

## Двѣ выставки.

### I.

При современномъ развитіи капиталистическаго строя, когда промышленность подъ давлениемъ все возрастающей концентрации и перепроизводства принуждена лихорадочно кидаться въ поискахъ за новыми рынками и расширеніемъ старыхъ, выставки являются своего рода экзаменомъ, который техника добровольно сдаетъ предъ лицомъ потребителей.

Правда, въ послѣднее время съ возникновеніемъ американскихъ синдикатовъ и ихъ попытокъ урегулировать спросъ и предложеніе, значеніе всемирныхъ выставокъ прогрессивно падаетъ, характеръ ихъ болѣе начинаетъ подходить уже къ характеру международныхъ развлеченій, и онѣ приобретаютъ обликъ самостоятельныхъ коммерческихъ предприятий, гдѣ серьезная сторона дѣла уступаетъ рекламной; но, несмотря на то, значеніе специальныхъ выставокъ, которыя какъ бы резюмируютъ въ себѣ все, что въ данной области за извѣстный періодъ времени сдѣлано, даютъ наглядное сопоставленіе успѣховъ, которые достигнуты, остается и останется надолго.

Съ этой точки зрѣнія мы считаемъ умѣстнымъ ознакомить нашихъ читателей съ двумя выдающимися электротехническими выставками, которыя были устроены въ Западной Европѣ во второе полугодіе истекающаго года.

Одна изъ нихъ, именно международная электротехническая выставка въ Лондонѣ, устроена по почину и при участіи „Института инженеръ-электриковъ“ и „Национальной ассоціаціи электротехническихъ промышленниковъ“ и представляетъ собою самую большую изъ всѣхъ специальныхъ электрическихъ выставокъ за послѣдніе годы.

Она вызвана къ жизни главнымъ образомъ стремленіемъ большихъ электрическихъ станцій возможно расширить сферу примѣненія электрической энергии, такъ сказать, популяризировать электричество среди большой публики, наглядно показавъ ей, какъ много удобствъ можетъ быть доставлено электрическимъ токомъ, если его примѣнить къ тѣмъ сторонамъ повседневной жизни, о прогрессѣ которыхъ обыватель и не подозреваетъ. Такое расширеніе сферы примѣненія тока можетъ значительно повысить такъ на-

зываемый коэффициентъ нагрузки станцій, увеличить использование комплекта ея машинъ, особенно, если работа для машинъ получится какъ разъ въ то время, когда онѣ нагружены сравнительно слабо. Этимъ и объясняется то живое участіе, которое приняли въ устройствѣ этой выставки владѣльцы электрическихъ станцій, а также и то обстоятельство, что самая техника производства тока, т. е. устройство генераторовъ и электрическихъ централей представлено на этой выставкѣ слабо и отстываетъ на второй планъ передъ техникой потребления, передъ аппаратами, потребляющими токъ.

Такимъ образомъ въ выставкѣ не приняли участія такія большія фирмы, какъ, напримеръ, Комп. Вестингаузъ, Диккъ Керръ, Маэеръ и Плеттъ и т. д. какъ строящія специально большія машины, а первенствующее мѣсто заняли фабрики, выпускающія приборы для электрическаго освѣщенія, отопленія, вентиляции и передачи силы на разстояніе.

Въ виду этого, мы, конечно, не въ состояніи на основаніи данныхъ этой выставки составить какое-либо окончательное заключеніе о современномъ состояніи англійской электрической промышленности, но во всякомъ случаѣ она наглядно показываетъ, какой успѣхъ сдѣлала ея въ послѣдніе годы, и не остается никакого сомнѣнія, что для того, чтобы вполне догнать нѣмецкую и швейцарскую промышленность ей остается сдѣлать всего нѣсколько шаговъ именно въ области построения большихъ машинъ.

Выставка помѣщается въ Олимпіи (Olympia, West Kensington): это одно изъ самыхъ большихъ выставочныхъ зданій Лондона, выстроенное цѣликомъ изъ стекла и желѣза. Уже при входѣ посетители ослѣпляются цѣлыми потоками электрическаго свѣта, и, несмотря на громадное число ихъ, поддерживается замѣчательная свѣжесть и чистота воздуха, конечно, при помощи электрическихъ же вентиляторовъ и, частью, озонизаторовъ.

Нѣтъ, конечно, ни цѣли, ни возможности вдаваться въ сколько нибудь подробное описаніе выставленныхъ экспонатовъ. Это завело бы насъ слишкомъ далеко и отвлекло бы насъ отъ единственной задачи, которую мы преслѣдуемъ: это дать нѣкоторое понятіе о самомъ характерѣ выставки.

Первое, что обращаетъ на себя вниманіе посетителя, это машины, выставленныя фирмами „Робертсонъ“, „Эдисонъ“ и „Сванъ“. Въ нихъ воспроизводится на глазахъ публики весь послѣдовательный процессъ фабрикаціи лампочекъ накаливанія. Вообще весь отдѣлъ, занятый этими лампочками, очень богатъ. Много народу собираетъ вокругъ себя выставленная лампочка накаливанія силою свѣта въ 1000 свѣчей. Достопримѣчательны также разные типы лампъ съ ртутными парами, фирмы Комп. ртутныхъ лампъ Бастіана. Онѣ фабрикуются для постоянного тока напряженія 100—250 в., и потребляютъ около 60 ваттъ. При примѣненіи ихъ для освѣщенія комнатъ и вообще внутреннихъ помѣщеній, приходится добавлять нѣсколько небольшихъ лампочекъ накаливанія, которыя отчасти восполняютъ отсутствіе красныхъ лучей, столь неприятно дѣйствующее на зрѣніе. Такимъ образомъ при помощи этой комбинаціи ртутныхъ лампочки Бастіана даютъ очень равномерное, нераздражающее глазъ освѣщеніе, въ чемъ легко убѣдиться.

Много отдѣльныхъ витринъ освѣщены „линолитовыми“ лампочками. Состоятъ онѣ изъ стеклянной цилиндрической трубочки, въ которую впаяна тонкая нить съ петлею посрединѣ. Сзади трубочки имѣется алюминіевый рефлекторъ. Трубочка подвѣшивается за оба конца къ потолку, такъ чтобы лучи падали на потолокъ, а отразившись отъ него освѣщали бы комнату. Лампы эти очень популярны въ Лондонѣ и ихъ можно видѣть въ кафе, на выставкахъ, въ базарахъ и т. д.

Старый соперникъ электричества—газъ—все еще не признаетъ себя побѣжденнымъ въ особенности въ освѣщеніи улицъ, и на той же выставкѣ многія га

зовья компании при помощи бросающихся въ глаза и крикливыхъ диаграммъ пытаются доказать вамъ, что эффектъ электрическихъ дуговыхъ фонарей ниже усовершенствованныхъ газовыхъ въ экономическомъ, электрическомъ и др. отношеніяхъ и тутъ же выставлены на высокихъ столбахъ фонари съ калильными газовыми горѣлками. Впрочемъ, изслѣдованія, произведенныя специальной комиссіей, выяснили, что если сдѣлать за цѣлый годъ расчетъ стоимости единицы силы свѣта при газовомъ и электрическомъ освѣщеніи, то это послѣднее окажется экономичнѣе при примѣненіи дуговыхъ лампъ и лампочекъ Нерста.

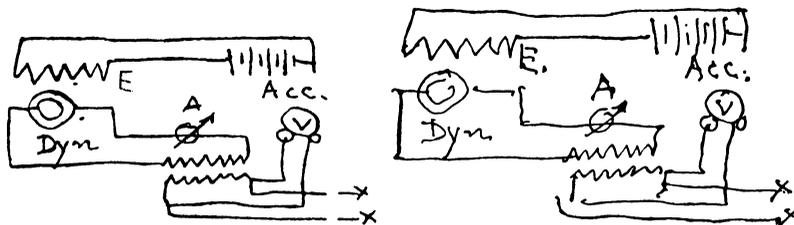
Очень интересный аппаратъ, который будетъ встрѣченъ съ удовольствіемъ всѣми крупными потребителями электрической энергіи и фабрикантами лампочекъ накаливанія, выставленъ фирмою Everett Edgcombe & Co. Онъ представляетъ изъ себя переносной фотометръ и состоитъ изъ обыкновеннаго фотометра съ маслянымъ пятномъ, заключеннаго въ ящикъ, такъ что измѣренія могутъ производиться и днемъ. Нормальной лампой служитъ тщательно калиброванная лампочка накаливанія. Ваттметръ снабженъ двумя скалами. Переставляя на правый контактъ, мы сможемъ прочитаты на ваттметрѣ число ваттовъ, потребляемыхъ испытуемой лампочкой, и на скалѣ—силу свѣта въ свѣчахъ. Переставляя переключатель на другой контактъ, мы введемъ въ цѣпь ваттметра, расположенное вдоль скалы сопротивление. При помощи бокового отклоненія лампы, измѣ-

образныя печи и нагревательные приборы, а также аппараты для варки пищи. Въ отношеніи принципіальному, они не представляютъ ничего новаго, но многіе изъ нихъ изобилуютъ любопытными конструктивными особенностями. Въ особенности практичны и изящны аппараты фирмы British Prometheus Co и General Electric. Въ нѣкоторыхъ отдѣлахъ выставки устроены цѣлыя во всѣхъ деталяхъ обставленныя кухни, гдѣ читаются спеціальные лекціи нѣсколько разъ въ день объ электрической варкѣ пищи. Для поощренія фабрикантовъ этихъ кухонь, выставочный комитетъ объявилъ конкурсъ различныхъ системъ съ соответствующими призами.

Существеннѣе же всего, что электрискія станціи Лондона объявили, что для печей и кухонь онѣ будутъ отпускать токъ по пониженной цѣнѣ—8 коп. за квт.-часъ. Уступка эта неудивительна, если вспомнить насколько можетъ увеличиться коэффициентъ использования станціи, а слѣдовательно, понизится стоимость энергіи при широкомъ распространеніи этихъ кухонь.

Изъ новыхъ системъ кухонь этихъ слѣдуетъ отмѣтить систему Изенталя. Нагревательныя проволоки заключены въ металлическую раму, поверхъ которой наложена металлическая доска. Проволоки эти защищены, какъ отъ механическихъ поврежденій, такъ и отъ окисленія воздуха.

Очень много экспонатовъ по беспроволочной и обыкновенной телеграфіи и телефоніи выставлено Комп. Маркони и главнымъ управленіемъ почтъ и



Фиг. 9.

ряется величина сопротивления, и ваттметръ на второй скалѣ покажетъ количество ваттъ на свѣчу.

Дуговыхъ и другихъ лампъ выставлено изрядное количество. Вниманія особеннаго заслуживаетъ новая система „стоячихъ лампъ“. Токъ подводится къ нимъ не при помощи обыкновенныхъ втыкающихся штепселей, но при помощи двухъ штепселей на нижнемъ концѣ лампы въ видѣ булавокъ. Столы, на которые лампы эти ставятся, имѣютъ между двумя слоями сукна рядъ параллельно расположенныхъ мѣдныхъ полосокъ, соединенныхъ параллельно и приключенныхъ къ гибкому кабелю. Разстояніе между полосками меньше соответствующаго разстоянія между иглообразными контактами, такъ что, чтобы зажечь лампу достаточно бываетъ просто поставить ее на столъ. Само собой разумеется на такой столъ можно ставить не одну, а произвольное число лампъ.

Переходя къ другимъ аппаратамъ, мы остановимся вскользь на многочисленныхъ приборахъ для освѣженія воздуха. Оно достигается двумя путями: при помощи вентиляторонъ всякихъ системъ, выставленныхъ Стѣртвентомъ и Влекменомъ и при помощи озонизаторовъ, выставленныхъ Ozonair Co. Эти послѣдніе служатъ главнымъ образомъ для химической очистки воздуха въ большихъ закрытыхъ помѣщеніяхъ: въ концертныхъ залахъ, въ театрахъ и т. п.

Состоятъ они изъ большого числа алюминиевыхъ полосъ, образующихъ оба полюса индукторнаго аппарата, между которыми происходятъ тихіе разряды, превращающіе кислородъ воздуха въ озонъ. Этотъ озонъ разсѣивается при помощи вентилятора по всему помѣщенію, дезинфицируя заключающійся въ немъ воздухъ.

Выставлены въ очень большомъ числѣ разно-

телеграфовъ. Впрочемъ, послѣдніе состоятъ изъ тѣхъ же предметовъ, которые фигурировали на выставкѣ въ Сентъ-Луи.

Facsimile Syndicate выставилъ нѣсколько находящихся въ дѣйствиіи телеавтографовъ. Эти компактные аппараты могутъ быть приключены къ любой телефонной линіи и передаютъ не содержаніе, но самый почеркъ или вообще всякую фигуру. Фиг. 9 доказываетъ практичность этого аппарата. Рисунокъ былъ переданъ на далекое разстояніе въ видѣ, представленномъ въ лѣвой части фиг. 9 и былъ полученъ на станціи полученія въ видѣ изображенія въ правой части фиг. 9. Вслѣдствіе широкаго распространенія этого аппарата въ безчисленныхъ Лондонскихъ дѣловыхъ конторахъ, цѣна его весьма невелика.

Не останавливаясь на электрическихъ подъемникахъ, новаго не представляющихъ, мы перейдемъ къ небольшимъ машинамъ и двигателямъ, выставленнымъ въ изобиліи для примѣненія ко всякаго рода мелкой промышленности.

Очень практичны и компакты небольшія станціи для дачъ, особняковъ, виллъ и т. п., выставленная Дрэкъ и Горгема. Состоятъ онѣ изъ газомотора, работающаго Даусоновскимъ бѣднымъ газомъ (тутъ же вырабатываемымъ) и соединеннаго непосредственно съ динамо въ 7 киловаттъ и небольшою изящной доской.

Переходя къ машинамъ болѣе значительныхъ размѣровъ, даже поверхностному обозрѣвателю бросается въ глаза вліяніе иностранныхъ, особенно швейцарскихъ и американскихъ конструкторовъ. Излюбленный до самаго послѣдняго времени двухъполюсный типъ все болѣе замѣняется многополюснымъ,

хотя все же и до сих пор, англичане предпочитают меньшее число полюсов. Напримѣръ, къ шести полюсамъ переходятъ только при мощностяхъ отъ 100 до 200 квт.

Особенно широкое примѣненіе находятъ себѣ въ послѣднее время машины со вспомогательными полюсами, расположенныхъ между главными полюсными катушками. Въ одномъ изъ ближайшихъ № „Электричества“ мы намѣреваемся посвятить этому предмету специальную статью, и поэтому не будемъ болѣе подробно останавливаться здѣсь на этомъ. Замѣтимъ только, что примѣненіе этихъ полюсовъ явилось слѣдствіемъ все возрастающаго стремленія уменьшить вѣсъ машины и слѣдовательно удешевить ее, понизивъ до минимума вѣсъ приходящейся на единицу мощности и повысить использование объема занимаемаго машиной.

Примѣненіе этихъ полюсовъ, компенсируя реакцію якоря, значительно улучшаетъ коммутацию и позволяетъ допускать высшее напряжение самоиндукціи въ короткозамкнутыхъ секціяхъ обмотки. Благодаря этому устраняется искрообразование при всякихъ нагрузкахъ и скоростяхъ, уменьшается число сегментовъ коллектора, и вообще вся машина уменьшается въ своемъ объемѣ, иначе говоря, при данномъ объемѣ значительно повышается мощность.

Особенное значеніе имѣетъ это при прямомъ соединеніи съ паровыми турбинами и вообще въ случаѣ большого числа оборотовъ, когда правильная коммутация становится особенно затруднительной. Нѣкоторыя фирмы употребляютъ полюса эти только въ исключительныхъ случаяхъ и въ готовой станинѣ оставляютъ гладко простроганныя мѣста съ той цѣлью, чтобы въ случаѣ, если при испытаніи машина окажется неудовлетворительной съ точки зрѣнія искрообразованія при неизмѣнномъ положеніи щетокъ и измѣненіи нагрузки, то, чтобы эти полюса можно было бы ввинтить въ соотвѣтствующія мѣста станины.

Не слѣдуетъ, конечно, считать полюса эти панацеей отъ всѣхъ бѣдъ. Не нужно забывать, что до сихъ поръ границу использованію матеріала ставили не условія коммутированія, но повышение температуры машины. И только тогда, когда качество изоляціонныхъ матеріаловъ настолько повысится, что на нагреваніе машины можно будетъ вниманія не обращать, примѣненіе вспомогательныхъ полюсовъ будетъ имѣть свой *raison d'être* не только для машинъ съ большимъ числомъ оборотовъ и высокаго напряженія, но и для машинъ среднихъ ходовыхъ типовъ. Машины съ вспомогательными полюсами выставлены Комп. „Фениксъ“ Моррисъ-Гаукинсъ, British Electric Plant Co и Электрическая Комп. Ламейеръ.

Разница между конструктивными особенностями, придаваемыми различными фабриками, значительна, и опирается на теоретическія основанія. Такъ Комп. „Фениксъ“, придаетъ этимъ полюсамъ такую форму, чтобы сила поля, въ которомъ происходитъ коммутация, оставалась бы постоянной, именно они придаютъ имъ небольшой размѣръ въ направленіи длины вала, и уширяютъ башмаки вспомогательнаго полюса по ту сторону нейтральной линіи.

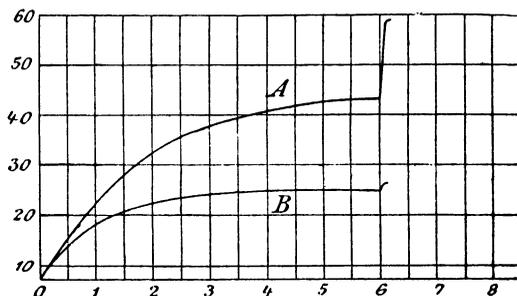
Въ машинахъ фабрики Электрическая Комп. Моррисъ-Гаукинсъ вспомогательные полюса устроены несимметрично, а только на одной половинѣ внутренней цилиндрической поверхности, но снабжены специальными башмаками, протирающимися на всю длину якоря; благодаря этому, достигается лучшее использование пространства.

Комп. Ламейеръ примѣняетъ прямоугольные узкіе полюса, а British Electric Plant Co полюса во многомъ схожіе съ Комп. „Фениксъ“.

Что же касается повышенія мощности машинъ при помощи лучшей вентиляціи, то надо сознаться, что въ этомъ отношеніи многія выставленныя машины оставляютъ желать еще очень и очень мно-

го. Большой прогрессъ въ этомъ направленіи замѣтенъ въ экспонатахъ фирмы „Фениксъ“, которая снабжаетъ полюса своихъ машинъ особыми вентиляционными каналами, идущими въ двухъ направленіяхъ. Диаграммы, представляющіе изъ себя сравнительные результаты испытанія машины съ простыми и вентилируемыми полюсами, наглядно показываютъ преимуществъ этихъ послѣднихъ фиг. 10.

Такъ, наприимѣръ, послѣ 4 часовъ непрерывной работы температура въ первомъ случаѣ поднялась до 40, а второмъ до 25 градусовъ Цельсія. Кромѣ того, диаграммы эти обнаруживаютъ слѣдующее интересное явленіе. При остановкѣ якоря, температура катушекъ вдругъ подымается, наприимѣръ, съ 42 до 60 градусовъ, что объясняется тѣмъ, что въ центральной области полюса, гдѣ нѣтъ каналовъ, температура выше, чѣмъ въ наружной, охлаждаемой тягой воздуха въ каналахъ. При остановкѣ якоря протокъ воздуха по каналамъ, т. е. вентиляція прекращается, и накопившееся внутри тепло передается



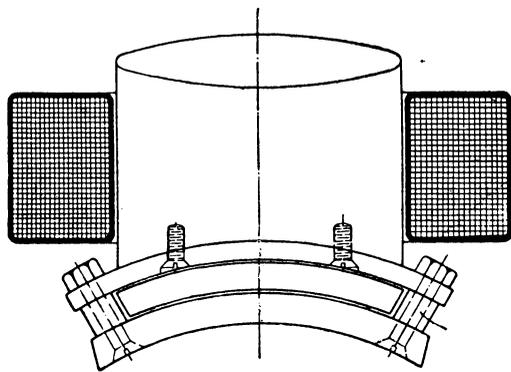
Фиг. 10.

внѣшнимъ частямъ. Такъ что при испытаніяхъ, насколько грѣется машина, надо измѣрять температуру тотчасъ послѣ остановокъ.

Надо, однако, замѣтить, что измѣненіе числа оборотовъ въ очень широкихъ предѣлахъ, безъ опасности и появленія искры можетъ быть достигнуто и безъ помощи вспомогательныхъ полюсовъ. Изъ машинъ этого рода особенное вниманіе специалистовъ привлекаетъ двадцатисильный двигатель фирмы Vicker, Son and Maxim непосредственно сцепленный съ большимъ строгальнымъ станомъ. При строганіи стали двигатель дѣлаетъ 300 оборотовъ въ минуту, затѣмъ въ концѣ стружки, онъ перемѣняетъ направленіе вращенія на обратное, причемъ въ цѣпь индукторовъ включается сопротивление, причемъ число оборотовъ повышается до 900, то есть, втрое больше, чѣмъ раньше, такъ что обратно рѣзецъ идетъ втрое скорѣе; въ концѣ обратнаго хода сопротивление выключается, и процессъ идетъ тѣмъ же порядкомъ. Эти включения и выключения выполняются автоматически при помощи специального переключателя, который долженъ будетъ такимъ образомъ выполнять всѣ эти функціи. Со станомъ двигатель соединенъ при помощи червячной передачи. Преимущество этого соединенія состоитъ въ томъ, что устраняются большія потери энергіи, вслѣдствіе скольженія ремня, который къ тому же стоитъ дорого и долженъ часто смѣняться. Это соединеніе оказалось особенно практичнымъ для строгальныхъ станомъ большихъ размѣровъ въ бронепрокатныхъ заводахъ. Вообще эта фирма избрала своей специальностью постройку двигателей для большихъ заводскихъ машинъ-орудій, и издѣлія ея могутъ быть названы первоклассными. Такъ для прокатнаго стана фирма эта выставила якорь постояннаго тока съ коллекторомъ мощностью въ 150 лощ. силъ. Листы, составляющіе якорь, непосредственно прикрѣплены къ валу безъ какой либо чугунной рамы, причемъ

для лучшаго укрѣпленія валь, въ томъ мѣстѣ, гдѣ насаженъ якорь, обточенъ, въ видѣ треугольной призмы.

Слѣдуетъ, пожалуй, еще упомянуть о двигателѣ съ переменнымъ числомъ оборотовъ выставленномъ Моррисъ, Гаукинсъ и К<sup>о</sup>, хотя конструктивное выполнение его не можетъ быть названо вполне удачнымъ. Принципъ дѣйствія его состоитъ въ томъ, что регулирование въ отношеніи числа оборотовъ можетъ быть достигнуто путемъ повышенія магнитнаго сопротивления въ полюсахъ. Какъ видно изъ фиг. 11 полюсный башмакъ состоитъ изъ двухъ обточенныхъ концентрично съ якоремъ направляющихъ, скрѣпленныхъ мѣдными болтами, между которыми можетъ



Фиг. 11.

двигаться параллельно валу третья пластинка, выдвигаемая при помощи вращения ручного, винтового колеса.

Изъ приборовъ для ремонта машинъ нельзя пройти мимо новаго станка, обтачивать и полировать коллекторъ, не разбирая и вынимая барабанъ динамомашинъ. Станокъ этотъ, выставленный фирмой Филиппъ, приспособляется къ шеткодержателю и состоитъ изъ небольшого наждачнаго круга вращающагося съ большою скоростью и получающаго поступательное движеніе отъ безконечнаго винта.

Въ большемъ числѣ выставлены, также не представляющіе ничего особеннаго, небольшіе двигатели всѣхъ родовъ и видовъ, носящіе на себѣ печать массоваго производства. Этимъ мы и закончимъ нашъ краткій обзоръ Лондонской выставки. Экспонаты ея, не представляя ничего выдающагося ни по исполненію, ни по замыслу, тѣмъ не менѣе позволяютъ намъ себѣ представить тотъ путь, по которому пойдетъ въ дальнѣйшемъ электрическая промышленность. Залогъ ея будущаго успѣха несомнѣнно заключается въ возможно широкомъ примѣненіи электрической энергіи къ тѣмъ областямъ повседневной жизни и мелкой индустріи, которыя до сихъ поръ пользовались ручнымъ трудомъ. Благодаря этой популяризаціи электричества, произойдетъ соответствующее пониженіе тарифа, которое, въ свою очередь, дастъ сильный толчокъ къ болѣе полному и равномерному нагруженію электрическихъ централей.

## II.

Совершенно другой характеръ носить на себѣ электротехнической отдѣлъ международной промышленной выставки въ Льежѣ лѣтомъ минувшаго года. Если въ Олимпіи, въ Лондонѣ преобладали аппараты и машины для потребленія тока, мелкіе приборы для самыхъ разнообразныхъ цѣлей, здѣсь наоборотъ посѣтитель попадаетъ въ царство большихъ машинъ, генераторовъ по большей части въ соединеніи съ паровымъ, газовымъ или инымъ двигателемъ, такъ что въ дальнѣйшемъ намъ поневолѣ придется коснуться не только электрической, но и механической части.

Выставка эта устроена по случаю 75-лѣтія существованія Бельгійскаго королевства, и мѣстомъ ея избранъ былъ Льежъ, какъ центръ бельгійской промышленности. Состояла она изъ обычныхъ отдѣловъ большихъ выставокъ. Электротехнической отдѣлъ подраздѣлялся на группы: производство электричества, распреденіе, электрохимія; электрическое освѣщеніе; телефонія и телеграфія, и т. д. Словомъ, всѣ тѣ же обычные подраздѣленія и классификаціи.

Первое, что бросается въ глаза, это то, что очень многіе экспонаты тѣ же самыя, которые фигурировали на всемірной выставкѣ въ Сень-Луи, но есть и много новаго.

Прежде всего остановимся на приборахъ для преобразования постояннаго тока въ переменный и обратно. Такихъ машинъ въ настоящее время имѣется, если не считать непосредственнаго механическаго соединенія на одномъ валу двигателя съ генераторомъ, два рода, именно коммутатрисы и пермутатрисы. Въ обыкновенномъ двигателѣ-генераторѣ мы имѣемъ два отдѣльныхъ, другъ отъ друга независимыхъ магнитныхъ поля; соединяя оба эти поля въ синхронной машинѣ, мы получимъ такъ называемый умформеръ или коммутатрису, по французской терминологіи. Если же для той же самой цѣли соединить оба поля въ асинхронной машинѣ, то мы получимъ такъ называемую пермутатрису или, по англійски, „permutator“. Главное преимущество практическое состоитъ въ томъ, что умформеры вѣсятъ не менѣе 33 килограммовъ на киловаттъ, въ то время, какъ пермутатрисы 20 килограммовъ при малыхъ мощностяхъ и 15 кило при большихъ (свыше 30 киловаттъ).

Не останавливаясь на выставленныхъ коммутатрисахъ обычнаго типа, мы обратимся къ одной изъ нихъ, системы, привилегированной Арнольдомъ. Она представляетъ, собственно говоря, изъ себя асинхронный двигатель обычнаго типа, роторъ котораго укрѣпленъ на валу коммутатрисы, причемъ обмотка ротора послѣдовательно соединена съ индукторными обмотками коммутатрисы. На схемѣ фиг. 12 легко уяснить себѣ всѣ соединенія между вращающимися частями этой „каскадной“ коммутатрисы, превращающей трехфазные токи въ постоянный.

Обозначенія, имѣющіяся на схемѣ этой, выражаютъ слѣдующее:

S—обмотка статора трехфазнаго двигателя, питаемаго первичнымъ токомъ. Соединеніе звѣздочкой, но могло быть также и треугольникомъ.

R—обмотка ротора асинхроннаго двигателя

U—якорная обмотка коммутатрисы. R и U соединены послѣдовательно.

K—коллекторъ коммутатрисы.

F—обмотка шунтовая индукторная коммутатрисы.

G—внѣшняя цѣпь.

W—реостатъ для троганія съ мѣста.

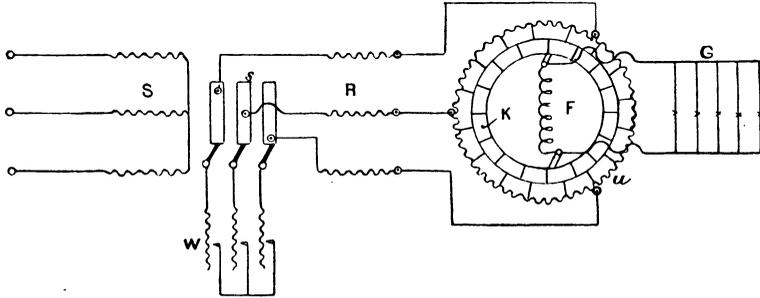
s—роторныя кольца для включенія сопротивленія.

Для упрощенія мы предположимъ сначала, что двигатель и коммутатриса имѣютъ одинаковое число полюсовъ, и что вращающіяся части машинъ достигли скорости соответствующей половинѣ частоты первичнаго тока. Тогда поле, возбужденное въ статорѣ первичнымъ питающимъ токомъ, индуцируетъ въ обмоткахъ ротора электродвижущую силу, число періодовъ которой равно половинѣ числа періодовъ первичнаго тока. Эта электродвижущая сила возбуждаетъ въ свою очередь въ обмоткѣ якоря U токи, производящіе магнитное поле, вращающееся съ той же скоростью, какъ и валъ. Такъ какъ якорь соединенъ съ роторомъ такимъ образомъ, чтобы направленіе вращенія поля было бы обратно направленію вращенія якоря, то поле это остается въ пространствѣ неподвижнымъ, и машина работаетъ, какъ синхронный двигатель т. е. сохраняетъ это число оборотовъ и подъ нагрузкой. Такъ какъ этотъ синхронный двигатель вращается со скоростью, соответствующей половинѣ числа періодовъ первичнаго то-

ка, то половина электрической энергии переданной двигателю превращается в механическую и передается валу машины. Другая половина доставляемой энергии преобразовывается прямо при помощи обмоток асинхронного двигателя и идет из ротора в якорь коммутатрисы в формѣ энергии электрической. Таким образом двигатель работает одновременно, как двигатель и трансформатор, в то время, как коммутатриса работает одновременно, как генератор и как коммутатриса.

стигнетъ синхронизма. Тогда замыкають вѣшнюю цѣпь коммутатрисы и регулируютъ возбужденіе при помощи реостата.

Въ обыкновенныхъ коммутатрисахъ нельзя измѣнять напряженіе со стороны постоянного тока при помощи реостата, включеннаго въ цѣпь возбужденія, такъ какъ этимъ воздѣйствуютъ лишь на сдвигъ фазъ первичнаго тока и приходится поэтому управлять напряженіемъ со стороны переменнаго тока. Въ коммутатрисѣ Арнольда можно регулировать

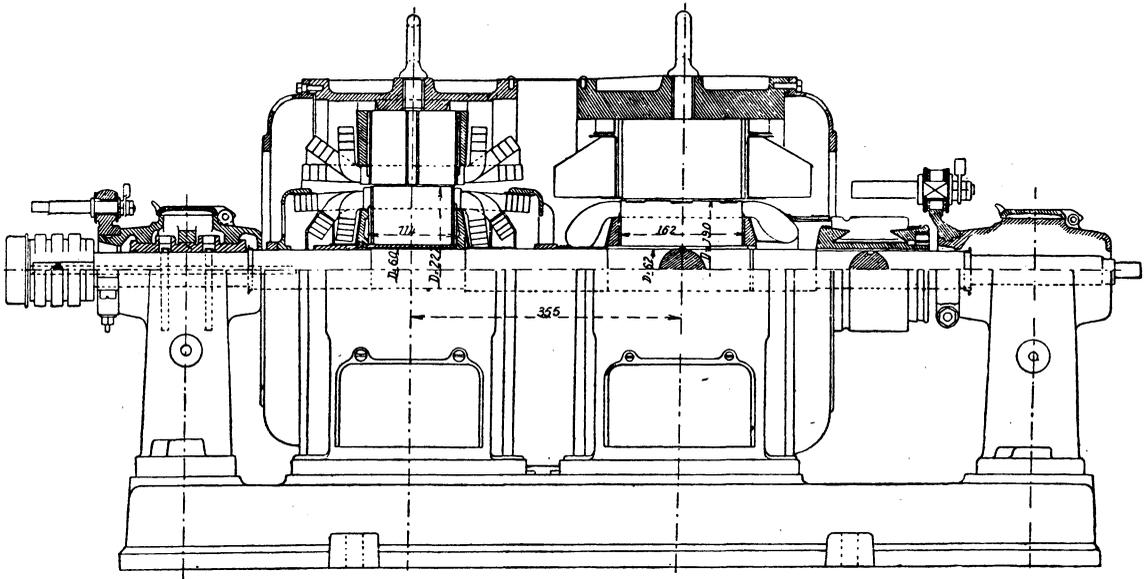


Фиг. 12.

Вслѣдствіе этого при заданной напередъ скорости, асинхронный двигатель долженъ имѣть гораздо меньшіе размѣры, такъ какъ онъ превращаетъ только половину всей электрической энергии в механическую, а что касается коммутатрисы, то она вращается съ половиной скоростью, соответствующей первичной частотѣ, что очень благоприятно для коммутации, особенно въ случаѣ большихъ частотъ; размѣры ея могутъ быть, конечно, гораздо меньше, чѣмъ у обыкновеннаго конвертера.

напряженіе при помощи реостата, включеннаго въ цѣпь якоря, какъ въ обыкновенномъ генераторѣ постоянного тока, и такимъ образомъ можно варьировать напряженіе въ предѣлахъ 15, 20%, что очень важно, когда коммутатриса включается параллельно съ уравнивающей батареей.

Коммутатриса этой системы выставлена анонимнымъ обществомъ электрическихъ сооружений въ Шарлеруа. Мы довольно долго остановились на ней въ виду теоретическаго интереса, представляемаго



Фиг. 13.

Если двигатель и коммутатриса имѣютъ разное число полюсовъ, то роторъ двигается со скоростью соответствующей суммѣ числа полюсовъ обѣихъ машинъ, а количества энергии превращаемыя механическимъ путемъ будутъ обратно пропорциональны числу полюсовъ двигателя и коммутатрисы. Пусть въ ходъ каскадной коммутатрисы очень просто: послѣ замыканія тока высокаго напряженія, постепенно выводятъ изъ цѣпи ротора, включенное въ него омическое сопротивление  $W$ , пока скорость не до-

этой системой. Что касается конструктивнаго выполнения, то описание его завело бы насъ слишкомъ далеко, и мы ограничимся фиг. 13, дающей полное представление объ ея устройствѣ. Она—двуполюсная, трехфазный двигатель мощностью въ 10,4 киловаттъ, 110 вольтъ, 55 амперъ и 50 періодовъ. Число оборотовъ 1500 въ минуту. Генераторъ постоянного тока въ 7,6 квт., 230 вольтъ, 82,7 амперъ. Число оборотовъ тоже. Въ общемъ преимущество коммутатрисы Арнольда надъ обычными заключаются въ слѣдующемъ;

1) Коэффициент полезнаго дѣйствія выше, чѣмъ въ обыкновенной соединенной съ неподвижнымъ трансформаторомъ.

2) Вслѣдствіе отсутствія неподвижнаго трансформатора стоимость обзаведенія меньше.

3) Легче регулировать машины и меньшая вѣроятность выхода изъ фазы въ случаѣ параллельной работы.

4) Коммутатрисса Арнольда пригодна для всякаго числа періодовъ, между тѣмъ какъ обыкновенная коммутатрисса работаетъ безъ искръ только при небольшомъ числѣ періодовъ.

По отношенію къ группѣ двигателю-генератору коммутатрисса Арнольда имѣетъ слѣдующія преимущества:

1) Отдача на 2% выше.

2) Меньшій расходъ на первоначальныя издержки.

При трехпроводной системѣ коммутатрисса Арнольда представляетъ особенныя удобства: достаточно присоединить внѣшніе провода къ положительному и отрицательному кольцу, а нейтральный проводъ къ серединѣ обмотки ротора, тогда коммутатрисса будетъ играть роль уравнивающей машины.

Что касается пермутатрисъ, выставленныхъ Анонимнымъ Египетскимъ Электрическимъ Обществомъ, то она состоитъ изъ статора асинхроннаго двигателя, обмотаннаго на подобіе якоря постоянного тока и снабженнаго коллекторомъ. Потокъ силовыхъ линий идетъ чрезъ внутреннее пространство и частью замыкается въ желѣзѣ статора, частью же переходитъ въ роторъ. Этотъ послѣдній вращается синхронно, вслѣдствіе того, что въ него вводится отвѣтвленіе главнаго постоянного тока, даваемаго машиной. При вращеніи онъ увлекаетъ съ собою рукоятки со щетками, отъ которыхъ можно собирать токъ. Переменный токъ подводится при помощи контактныхъ колецъ.

Въ то время какъ коммутатриссы практически работаютъ съ разъ на всегда установленными щетками, въ пермутатриссахъ положеніе щетокъ имѣетъ самое существенное вліяніе на безваттный токъ питающей машину, но подробное разсмотрѣніе этого завело бы насъ слишкомъ далеко.

Выставленныя машины имѣютъ мощность въ 300 киловаттъ.

Главное примѣненіе свое новыя машины находятъ въ преобразованіи переменнаго тока въ постоянный для желѣзнодорожныхъ цѣлей.

Изъ выставленныхъ агрегатовъ обращаютъ на себя вниманіе экспонаты фирмъ Шмицъ-Ламейеръ и Дейцъ-Гарбе-Ламейеръ, оба оборудованныя газовыми двигат. съ производствомъ газа на мѣстѣ потребления въ здѣсь же находящихяся газогенераторахъ. Первая система, примѣняющая бѣдный газъ, пригодна главнымъ образомъ для небольшихъ мощностей до 100 квт. Каждый газогенераторъ состоитъ изъ генератора, котла и очистителя. Циркуляція газа въ аппаратахъ происходитъ при помощи всасыванія поршнемъ двигателя, такъ что производство всегда соответствуетъ потребленію и нагрузкѣ. Принципъ дѣйствія состоитъ въ слѣдующемъ: вслѣдствіе разрѣженія, производимаго поршнемъ двигателя, всасывается атмосферный воздухъ въ котель, гдѣ нагревается и насыщается водяными парами. Эта смѣсь воды и воздуха переходитъ сквозь рѣшетку генератора и проникаетъ сквозь расположенныя на ней слои раскаленнаго угля. Генераторъ приспособленъ для сжиганія антрацита, кокса, брикетовъ и минита (очень распространенное, вслѣдствіе своей экономичности, въ Германіи топливо). Выходящій изъ генератора газъ содержитъ смѣсь окиси углерода съ водородомъ. Онъ пропускается сквозь очиститель для удаленія пыли и при помощи промежуточнаго резервуара, впускается въ двигатель. Для пуска въ ходъ требуется 10—15 минутъ.

Самый газов. двигат. не представляетъ ничего особеннаго. Неравномерность хода не превышаетъ 5%. Воспламенение смѣси въ цилиндрѣ производится

одинъ разъ въ четыре такта при помощи искры, даваемой небольшой магнито-электрической машинкой.

Динамо фирмы Ламейеръ снабжены подшипниками на шарикахъ, что обезпечиваетъ точную центровку и малую величину междужелѣзнаго пространства.

Газогенераторы, выставленные фирмой Дейцъ, специально приспособлены для торфяныхъ брикетовъ—топлива очень распространеннаго въ Германіи (одна Пруссія вырабатываетъ около 38 милл. тоннъ). Нѣмецкій торфъ содержитъ отъ 40 до 60% воды и теплотворная способность его колеблется между 2000 и 3800 калоріями. Въ брикетахъ воды содержится до 20% и теплотворная способность ихъ въ 4800 калорій. Въ сравненіи съ другими горючими, матеріалами топливо это экономичнѣе процентовъ на 25.

Въ предыдущемъ газогенераторѣ воздухъ и водяной паръ направлялись снизу сквозь рѣшетку, и газъ собирался въ верхней части, такъ что при такомъ устройствѣ нельзя было газифицировать всѣ горючіе элементы разнообразнаго состава, содержащіяся въ торфѣ, и нужно было употребить антрацитъ или коксъ, не содержащіе битуминозовъ.

Въ этомъ же аппаратѣ топливо сначала перегоняется, превращается въ коксъ и продукты этой операціи превращаются въ устойчивыя газы, смѣшиваемыя съ газами, образуемыми коксомъ.

Самый аппаратъ состоитъ изъ цилиндрическаго горна, гдѣ сжиганіе производится на протяженіи двухъ поясовъ. Воздухъ, вслѣдствіе всасыванія двигателемъ, проникаетъ сверху и снизу. Топливо, введенное въ верхній раскаленный поясъ, подвергается сухой перегонкѣ и даетъ углеводороды въ видѣ газа, смѣшаннаго съ паромъ. Эти продукты сухой перегонки проходятъ сквозь нижній раскаленный слой, и газы превращаются въ постоянныя газы. Кромѣ того, всосанный воздухъ и уголь даютъ окись углерода и азотъ. Топливо, подвергшееся перегонкѣ, падаетъ въ нижнюю раскаленную часть генератора, и тамъ дополнительно газифицируется. Газы изъ нижней и верхней части аппарата соединяются общей трубкой, промываются и охлаждаются въ очистителѣ и проходятъ въ цилиндръ двигателя.

Газовые двигатели Дейца имѣютъ нормальную мощность въ 250 дѣйст. силъ. Они одноцилиндровые, четырехтактные, двойнаго дѣйствія. Число оборотовъ 160 въ мин. При паденіи или увеличеніи нагрузки на 25% оно измѣняется на 1,5%, а при холостомъ ходѣ на 3—4%.

Генераторы тока даютъ 1240 амперъ при 115 влт. Чтобы закончить съ газогенераторами, мы упомянемъ еще объ одномъ, именно газогенераторѣ бѣднаго газа Фише и Герсей. По типу онъ подходитъ къ газогенератору Дейца, ибо сжиганіе также происходитъ на протяженіи двухъ поясовъ: сначала въ верхней части при полномъ доступѣ воздуха для полной перегонки и разложенія углеводородовъ, а затѣмъ въ нижней части для сжиганія оставшагося послѣ первой перегонки кокса, какъ въ простомъ газогенераторѣ. Особенность этого аппарата представляетъ то, что онъ не содержитъ ни колосниковой рѣшетки, ни вообще какой либо металлической части, соприкасающейся съ топливомъ. Все это замѣняется особымъ подомъ, могушимъ вращаться на шарикахъ. Поворачивая его, мы удаляемъ извѣстную часть гари, и топливо спускается внизъ. Воздухъ, поглощенный аппаратомъ, насыщается водянымъ паромъ и нагревается въ рекуператорѣ, куда проходятъ получаемыя изъ газогенератора газы, имѣющіе температуру до 500°, и отдающіе тамъ свое тепло. Изъ рекуператора, имѣющаго форму цилиндрическаго котла, газы выкачиваются и переходятъ въ газометръ.

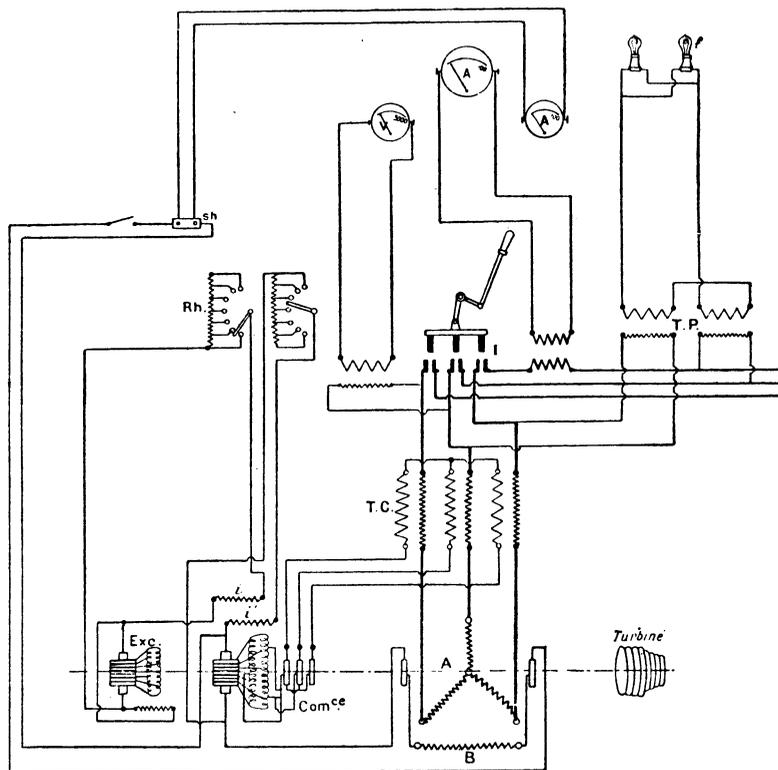
Этотъ газометръ питаетъ двухтактный двигатель двойнаго дѣйствія въ 600 лощ. силъ, системы Кертингъ, построенный заводомъ Сень-Леонаръ, который въ свою очередь вращаетъ альтернаторъ Гарбе-Ламейера въ 400 киловаттъ, но на нихъ мы не останавливаемся.

Извѣстный заводъ Кокерилъ въ Seraing выставилъ интересный газовый двигатель въ 500 силъ и 130 оборотовъ. Онъ двухцилиндровый простого дѣйствія, четырехтактный. Станина его отлита въ одно цѣлое съ подшипниками и направляющими для ползуна, и рамой, къ которымъ при помощи ребордъ прикрѣпляется цилиндръ, такъ что разборка и сборка дѣлается очень легко. Распределение клапанное. Всѣ части, подверженныя дѣйствию горячихъ газовъ, охлаждаются водой.

Мы не останавливаемся здѣсь на многихъ агрегатахъ, съ паровыми машинами выставленныхъ многочисленными фирмами очень хорошей конструкции, но не представляющими ничего оригинальнаго.

Изъ турбоальтернаторовъ, которыхъ на выставкѣ немного, интересна группа выставленная фирмой Сотэ-Гарлэ и К<sup>о</sup>. Она состоитъ изъ 600 сильной турбины Рато многояруснаго типа. На одномъ валу

мотора, котораго первичныя обмотки соединены послѣдовательно съ вѣшной цѣпью, а вторичныя съ кольцами коммутатрисы. Такимъ образомъ разность потенциала у зажимовъ вторичныхъ обмотокъ увеличивается съ напряженіемъ тока между тремя фазами, т. е. съ нагрузкой альтернатора растетъ и возбужденіе. Возбужденіе коммутатрисы двойное: часть тока отвѣтвляется отъ постоянного тока даваемого коммутатрисой, а другая часть получается отъ маленькаго шунтоваго возбуждителя, дающаго токъ постоянного напряженія, что обезпечиваетъ всегда въ одной изъ двухъ индукторныхъ обмотокъ коммутатрисы постоянную электродвижущую силу. На фиг. 14 изображено схематически все устройство: А—естъ неподвижная арматура альтернатора, В—индукторъ, ТС—трансформаторъ компаундированный,  $i$  и  $i'$  индукторныя обмотки коммутатрисы, въ цѣпь которыхъ вводится реостатъ  $Rh$ ,  $I$  трехполосный масля-



Фиг. 14.

съ ней вращается трехфазный альтернаторъ, компаундированный по системѣ Blondela. Принципъ дѣйствія этой активной турбины, состоящей въ томъ, что каждое колесо используетъ лишь часть общаго давления между котломъ и конденсаторомъ, достаточно извѣстенъ, чтобы на немъ долѣе не останавливаться. Формы лопатокъ колесъ и направляющихъ аппаратовъ таковы, что расширение пара происходитъ лишь въ направляющихъ аппаратахъ. Турбина поглощаетъ при полной нагрузкѣ 9 кгр. пару на киловаттѣ. Альтернаторъ даетъ трехфазный токъ въ 3000 влт., 50 периодовъ. Число оборотовъ 3000. Форма кривой тока его почти совпадаетъ съ синусоидой.

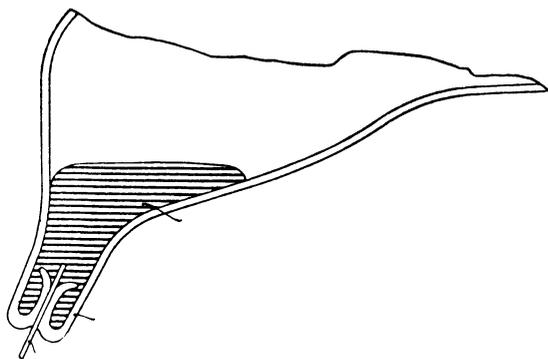
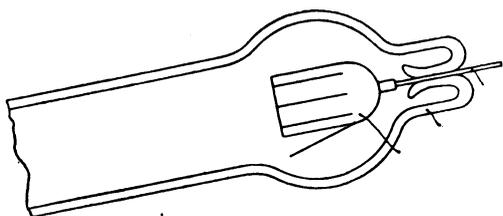
Альтернаторъ этотъ компаундированъ по системѣ Blondela, т. е. вмѣсто возбуждителя имѣется маленькая двухполюсная коммутатриса, насаженная на валу турбины, и питаемая съ помощью трехъ колецъ трехфазными токами, которые она превращаетъ въ постоянный для возбужденія. Трехфазные токи эти получаютъ отъ питаемаго альтернаторомъ трансфор-

маторомъ, котораго первичныя обмотки соединены послѣдовательно съ вѣшной цѣпью, а вторичныя съ кольцами коммутатрисы. Такимъ образомъ разность потенциала у зажимовъ вторичныхъ обмотокъ увеличивается съ напряженіемъ тока между тремя фазами, т. е. съ нагрузкой альтернатора растетъ и возбужденіе. Возбужденіе коммутатрисы двойное: часть тока отвѣтвляется отъ постоянного тока даваемого коммутатрисой, а другая часть получается отъ маленькаго шунтоваго возбуждителя, дающаго токъ постоянного напряженія, что обезпечиваетъ всегда въ одной изъ двухъ индукторныхъ обмотокъ коммутатрисы постоянную электродвижущую силу. На фиг. 14 изображено схематически все устройство: А—естъ неподвижная арматура альтернатора, В—индукторъ, ТС—трансформаторъ компаундированный,  $i$  и  $i'$  индукторныя обмотки коммутатрисы, въ цѣпь которыхъ вводится реостатъ  $Rh$ ,  $I$  трехполосный масля-

Парижское Общество желѣзнодорожной промышленности выставила очень изящные двигатели для трамваевъ, отличающиеся легкостью и высокою отдачей при разныхъ нагрузкахъ, а также двигатели Гейланда. Изъ выставленныхъ подъемныхъ мостовыхъ крановъ интересенъ принадлежащій фирмѣ Frédeix-Pierrer. Этотъ кранъ обслуживалъ все машинное помещеніе выставки и посредствомъ его собраны всѣ находящіяся тамъ машины. Онъ снабженъ двумя крюками: однимъ для поднятія грузовъ въ 30 тоннъ со скоростью 2,5 метра, а другой для грузовъ въ 6 тоннъ со скоростью 11 метровъ. Скорость перемѣщенія крана—50 метровъ въ мин. Въ этомъ кранѣ соблюдены почти всѣ условія рациональнаго конструи-

рования, о которых нам неоднократно приходилось говорить на стр. „Электричества“. Мостовые балки клепанной рѣшетчатой конструкции съ наклонными раскосами, достаточно жесткими въ обоихъ направленияхъ. Поперечныя балки обезпечиваютъ систему противъ перекашивания. Телѣжки сдѣланы изъ литой стали. Подъемъ грузовъ совершается при помощи гибкихъ канатовъ англійской фабрикаціи изъ литого желѣза, а не цѣпей. Двигатели снабжены червячными передачами, каждое движеніе производится особымъ двигателемъ, такъ что всего имѣется 4 двигателя: два для подъема, а два для передвиженія груза. Свертываніе каната происходитъ такимъ образомъ, что точка опоры и крюкъ оказываются строго на одной вертикали, что особенно важно при нѣкоторыхъ работахъ, напримѣръ, для литейныхъ при маневрахъ съ ковшами. Тормазъ электромагнитный.

Международная Электрическая Компанія выставила одинъ изъ электрическихъ кабестановъ, сооруженныхъ для антверпенскаго порта. Онъ рассчитанъ на силу тяги въ 1250 кгр., дѣлаетъ 50 оборотовъ въ ми-



Фиг. 15.

нуту. Двигатель постоянного тока въ 220 в. пускается при помощи педали почти мгновенно. Тормаженье электрическое.

Этимъ, собственно говоря, исчерпывается все сколько нибудь оригинальное изъ области машинъ и двигателей, и чтобы закончить нашъ краткій обзоръ необходимо только сказать кое-что о выставленныхъ новинкахъ по освѣщенію. Въ этой области одно изъ первыхъ мѣстъ занимаетъ фабрика дуговыхъ лампъ Regina въ Кельнѣ. Лампы эти включаются группами по двѣ послѣдовательно. Онѣ выдерживаютъ до 300 часовъ непрерывнаго горѣнія, благодаря чему онѣ не требуютъ ухода, какъ обыкновенныя дуговые лампы. Особенное значеніе имѣютъ эти лампы тамъ, гдѣ требуется химическое дѣйствіе свѣта, какъ напримѣръ, при копированіи и другихъ фотохимическихъ процессахъ. Это объясняется тѣмъ, что химическое дѣйствіе имѣютъ лучи съ небольшою длиной волны, какъ голубые, фіолетовые и ультрафіолетовые при высокихъ напряженіяхъ и температурахъ. Они могутъ имѣть значеніе и для медицинскихъ цѣлей, именно свѣтолѣченія.

Лампа Reginula даетъ 2 ампера и горитъ въ среднемъ отъ 30 до 40 часовъ.

Большое количество лампочекъ Нернста выставила А. Е. G., а осміевыхъ и танталовыхъ лампочекъ фирмой „La mutuelle“.

Для освѣщенія на далекаіа разстояніа пригодны лампы съ раскаленными ртутными парами Куперъ-Юитта, выставленныя парижской кампаніей Вестингауза. Онѣ бываютъ различной силы—въ 300 свѣчей при напряженіи въ 50 в. и 700 свѣчей при 100 вл. Включаются группами: при напряженіяхъ 50—80 в. по одной лампѣ; при 100—125 в. по 2 и т. д. Электроды и матеріалы ихъ представлены на фиг. 15.

Этимъ я позволю себѣ закончить нашъ краткій обзоръ Льежской выставки. Она не оправдала тѣхъ ожиданій, которыя на нее возлагали. Занимая, площадь выставочнаго пространства, третье мѣсто послѣ Парижской 1900 года и выставки въ Сенъ-Луи, она оказалась гораздо менѣе интересной, по крайней мѣрѣ, въ отношеніи экспонатовъ электротехнической промышленности. Объясняется это, конечно, не застоемъ этой послѣдней, а скорѣе, тревожнымъ состояніемъ въ этомъ году политическаго горизонта, стѣсненностью денежнаго рынка, робкостью торговыхъ сдѣлокъ, и тѣмъ, что раскаты грома, раздававшіеся на Дальнемъ Востокѣ, эхомъ отдавались и на этомъ клочкѣ Западной Европы.

И. Т.

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

**Электризація изолированнаго проводника, находящагося въ воздухѣ внутри металлическаго цилиндра, соединеннаго съ землей.** При изслѣдованіи іонизаціи воздуха, заключеннаго внутри металлическаго цилиндра, на оси котораго была расположена проволока, тщательно изолированная отъ этого цилиндра и соединенная съ электрометромъ Дозелека, проф. Н. И. Борманъ и А. П. Афанасьевъ сдѣлали слѣдующее любопытное наблюденіе. Всякій разъ, когда проволока отдѣлялась отъ земли, а самый цилиндръ оставался въ соединеніи съ послѣдней, листокъ электрометра приходилъ въ движеніе, и это движеніе, указывавшее на появленіе электрическаго заряда на проволоку, продолжалось довольно значительное время. Когда наблюденія производились въ разное время, но при сохраненіи неизмѣннымъ разстояніа между поверхностью листка и поверхностью квадрантовъ, то предѣльные отклоненія листка электрометра оказывались близко одинаковыми; при повышеніи же или пониженіи листка внутри квадрантовъ электрометра наблюдалось и измѣненіе въ величинѣ наибольшаго отклоненія. Когда къ электрометру была присоединена проволока, находившаяся внутри цилиндра, причемъ цилиндръ былъ соединенъ съ землей, а проволока изолирована, величина предѣльнаго отклоненія получалась въ зависимости отъ вещества цилиндра, окружавшаго собой проволоку. Кромѣ различныхъ металловъ, опыты производились также съ двойнымъ сѣтчатымъ цилиндромъ, содержавшимъ на днѣ и въ пространствѣ между сѣтчатыми боковыми поверхностями какою-либо изъ семи русскихъ цѣлебныхъ грязей. При цилиндрѣ изъ свинца, олова, цинка, алюминія, латуни, а также при двойномъ сѣтчатомъ цилиндрѣ съ высушенною грязью Кузальницкою, Сакскою или Бердянскою отклоненія, при всѣхъ наблюденіяхъ, получались положительныя, т. е. листокъ электрометра поворачивался въ сторону, соответствующую возникновенію на проволоку положительнаго заряда. При цилиндрѣ изъ мѣди или желѣза, а также при двойномъ сѣтчатомъ цилиндрѣ съ Аренбургской грязью хотя отклоненія листка и были отрицательныя, но они получались меньше, чѣмъ (непосредственно до и послѣ этихъ опытовъ) съ

электрометромъ, отдѣленнымъ отъ проволоки. При цилиндрѣ изъ кокса и двойномъ сѣтчатомъ цилиндрѣ съ грязью Кавказскою или Перновскою отклоненія наблюдались отрицательныя и большія, чѣмъ въ случаѣ, когда электрометръ былъ отдѣленъ отъ проволоки. Если принять, что отклоненіе листка зависитъ: 1) отъ сообщеннаго проволокѣ заряда и 2) отъ особаго явленія въ самомъ электрометрѣ, и если исключить это послѣднее дѣйствіе, то окажется, что нахождение вокругъ проволоки цилиндра изъ свинца, олова, цинка, алюминія, латуни, мѣди и желѣза, а также грязей Куяльницкой, Сакской, Бердянской и Аренбургской вызываетъ въ проводокѣ положительную электризацію, кокъ же и грязь Кавказская и Перновская—отрицательную. Промежутокъ времени отъ момента изолированія проволоки до наступленія предѣльнаго отклоненія листка электрометра во всѣхъ случаяхъ значительно больше тогда, когда чрезъ цилиндръ только-что предъ тѣмъ былъ пропущенъ свѣжій воздухъ, чѣмъ тогда, когда наблюденія происходили спустя сутки или больше послѣ прекращенія тока воздуха. Сокращеніе этого времени не стоитъ въ зависимости отъ измѣненія ионизаціи воздуха въ цилиндрѣ. Съ теченіемъ времени, при одномъ и томъ же воздухѣ внутри цилиндра, самая величина предѣльнаго положительнаго отклоненія листка увеличивается, и наоборотъ, величина предѣльнаго отрицательнаго отклоненія уменьшается. Во всѣхъ этихъ результатахъ проф. Боргманъ видитъ доказательство того, что въ самомъ воздухѣ, находящемся внутри проводящаго цилиндра, соединеннаго съ землей, являются въ избыткѣ іоны одного знака и что эта іонизація вызывается  $\alpha$ -или  $\beta$ -лучами, испускаемыми поверхностью этого цилиндра.

(Ж. Р. Ф. Х. О.).

**Іодный вольтметръ.** Различные авторы (Герунъ, Даннеель, Кистяковскій) уже предлагали пользоваться выдѣленіемъ іода для вольтметрическихъ измѣреній. Преимущество іоднаго вольтметра предъ мѣднымъ или серебряннымъ заключается въ томъ, что въ немъ нѣтъ надобности промывать, высушивать и взвѣшивать выдѣляемый токомъ осадокъ, такъ какъ количество выдѣленнаго іода опредѣляется непосредственно простымъ спектрованіемъ. Однако, до сихъ поръ одному вольтметру не удалось привиться въ электрохимическихъ лабораторіяхъ. Въ „Amer. Journ. Science“, № 20 за текущей годъ, А. Крейдеръ описываетъ новую форму іоднаго вольтметра, видимому очень удобную для слабыхъ токовъ. Вольтметръ имѣетъ видъ обыкновенной пипетки (фиг. 16), въ которой однако всасывающая трубка и находится не сверху, а сбоку. Верхнее же отверстіе пипетки, значительно болѣе широкое, чѣмъ обыкновенно, закрыто резиновой пробкой съ тремя отверстіями. Чрезъ одно изъ нихъ проходитъ стеклянная палочка *b*, нижній конецъ которой притертъ къ трубкѣ *c* и служитъ для ея открыванія и закрыванія. Чрезъ два другія отверстія пробки проходятъ платиновые электроды, имѣющіе форму цилиндровъ и расположенные по одной оси, катодъ надъ анодомъ. Приборъ наполняется жидкостью чрезъ трубку *c*, приподнимая стеклянную палочку и всасывая чрезъ трубку *a*, затѣмъ, опуская палочку внизъ, приборъ закрывается. Сперва медленно всасывается разбавленная соляная кислота, составляющая электро-

Фиг. 16.

литъ у катода; затѣмъ, такъ же осторожно, крѣпкій растворъ іодистаго калия. Благодаря большой разницѣ удѣльныхъ вѣсовъ обоихъ растворовъ и тому, что катодъ расположенъ надъ анодомъ, выдѣляемый токкомъ тяжелый іодъ остается внизу и не диффундируетъ къ катоду. По окончаніи опыта жидкость изъ прибора выпускается, приподымая палочку *b*, приборъ промывается и выдѣленный іодъ титруется тиосульфатомъ. Плотность тока не должна быть велика, такъ какъ иначе, у анода, вмѣстѣ съ іодомъ, происходитъ выдѣленіе кислорода; можно пропускать до 0,06 амперъ на 1 кв. см. анодной поверхности. При сравненіи съ серебряннымъ вольтметромъ отступленія не превышали 1,0%.

**Свойства радіевыхъ  $\alpha$ -лучей.** Новое изслѣдованіе  $\alpha$ -лучей радія было недавно произведено Рутерфордомъ, получившимъ очень интересные результаты. Авторъ уже раньше показалъ, что эти лучи не однородны. Теперь онъ задался прежде всего цѣлью возможно точно измѣрить ихъ скорость и отношеніе заряда къ массѣ, т. е. величину  $\frac{e}{m}$ . Магнитное отклоненіе, измѣрявшееся фотографически, дало для произведенія  $\frac{m}{e} \cdot V$  величину  $3,98 \cdot 10^6$  (измѣренія производились надъ лучами, испускавшимися препаратомъ, обозначаемымъ авторомъ „радія С“). Электростатическое отклоненіе не было еще измѣрено, но авторъ вычисляетъ отдѣльно  $\frac{e}{m}$  и  $V$  изъ количества развиваемой теплоты, исходя изъ предположенія, что эта теплота имѣетъ своимъ источникомъ кинетическую энергію  $\alpha$ -лучей. Такимъ путемъ авторъ получаетъ:  $\frac{e}{m} = 6,5 \cdot 10^8$ ;  $V = 2,6 \cdot 10^9$  см. въ сек. При прохожденіи чрезъ матерію скорость  $\alpha$ -лучей уменьшается. Отчетливое фотографическое дѣйствіе получалось еще послѣ прохожденія ихъ чрезъ 12 листовъ алюминіевой фольги толщиной 0,00031 см.; но 13 листовъ уничтожалъ это дѣйствіе совсѣмъ. Магнитное отклоненіе показываетъ, что скорость  $\alpha$ -лучей послѣ прохожденія 12 листовъ уменьшилась на 36%; каждый листокъ эквивалентенъ слою воздуха въ 0,54 см. Зная толщину воздушнаго слоя, задерживающаго  $\alpha$ -лучи другихъ радиоактивныхъ веществъ, можно вычислить отношеніе ихъ скорости къ скорости  $\alpha$ -лучей „радія С“. Рутерфордъ нашелъ слѣдующія числа:

	Толщина воздушнаго слоя.	Относительная скорость.
Радій . . . . .	3	0,82
Эманация . . . . .	3,8—4,4	0,87—0,90
Радій А . . . . .	4,7—3,8	0,90—0,87
Радій С . . . . .	6,7	1,00

Ионизирующее и фотографическое дѣйствія  $\alpha$ -лучей пропорціональны другъ другу, также какъ дѣйствіе на фосфоресцирующій экранъ, такъ что причина этихъ трехъ дѣйствій, вѣроятно, одна и та же: образованіе іоновъ въ воздухѣ-ли, или въ фотографическомъ или фосфоресцирующемъ слѣѣ. Если скорость  $\alpha$ -лучей лежитъ ниже нѣкотораго минимума, то они теряютъ способность вызывать эти дѣйствія. Поэтому слѣдуетъ предположить, что въ тѣхъ случаяхъ, когда радиоактивныя измѣненія совершаются безъ испусканія лучей, вызывающихъ названныя дѣйствія, испускаемые  $\alpha$ -лучи обладаютъ скоростью, лежащей ниже этой предѣльной. Это обстоятельство слѣдуетъ имѣть въ виду при обсужденіи вопроса, не всѣ ли вообще вещества превращаются и испускаютъ лучи.

(Phil. Mag.).

**Прохожденіе электричества чрезъ толстые слои газовъ.** Критическое напряженіе, вы-

ше котораго газ пропускаетъ чрезъ себя электрическій разрядъ, слагается, какъ показала нѣкоторое время тому назадъ Бути, изъ двухъ величинъ: одна, характерная для даннаго газа и (при сохраненіи одинаковой плотности) не зависящая отъ температуры, имѣетъ далеко преобладающее значеніе при давленіяхъ выше нѣсколькихъ десятыхъ миллиметра ртути; другая, становящаяся замѣтной лишь при очень низкихъ давленіяхъ, зависитъ отъ діэлектрическихъ стѣнокъ или облегающаго эти стѣнки газоваго слоя. Для устранения вліянія втораго фактора также при сильномъ разряженіи Бути повторилъ теперь свои опыты, подвергая дѣйствію электрическихъ напряженій достаточно толстые слои газовъ. Эти новыя измѣренія показываютъ, что при толщинѣ слоя газа  $e$ , давленіи  $p$  и коэффициентѣ діэлектрическаго сдѣплена (cohesion diélectrique)  $a$ , критическое поле  $y$  выражается формулой

$$y = a\sqrt{p(p+k/e)},$$

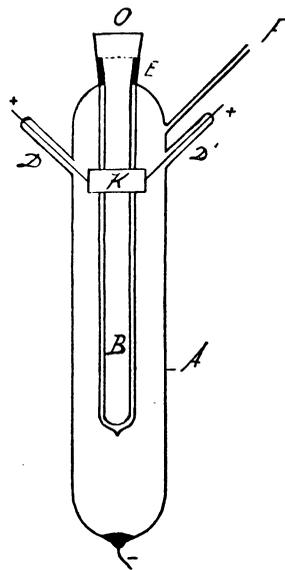
гдѣ  $k$  означаетъ постоянную, зависящую только отъ природы газа. Требуемое же для полученія разряда критическое напряжение  $Y = ye = a\sqrt{pe(pe+k)}$ , т. е. зависитъ только отъ общей массы подвергающагося разряду газа, но не отъ его плотности, если масса остается неизмѣнной. Такимъ образомъ критическое поле съ уменьшеніемъ давленія стремится къ нулю. Чѣмъ толще слой газа, тѣмъ выведенная формула точнѣй и тѣмъ сильнѣй уменьшается критическое поле. Такъ при толщинѣ слоя воздуха 5,6 см. минимальное критическое поле, при давленіи  $1/4$  мм., было 129 вольтъ; при толщинѣ 37,8 см. только 16,4 в., а при 94 см. 8—9 вольтъ, т. е. приблизительно лишь въ 6 разъ больше электростатическаго поля земли. Изъ этого слѣдуетъ заключить, что въ высокыхъ, достаточно разряженныхъ слояхъ атмосферы уже нормальное земное поле вызываетъ разрядъ электричества. (Comptes Rendus).

**О явленіи Майорана.** Въ 1902 г. Майорана открылъ въ нѣкоторыхъ коллоидальныхъ растворахъ водной окиси желѣза очень любопытное явленіе: въ однородномъ магнитномъ полѣ они становятся двояко лучепреломляющими, подобно однооснымъ, положительнымъ или отрицательнымъ, кристалламъ, съ осью параллельной линіямъ магнитнаго поля. Коттонъ и Мутонъ занялись теперь ближайшимъ изслѣдованіемъ этого явленія. Если полученный діалитическимъ методомъ растворъ окиси желѣза профильтрованъ чрезъ слой коллодія, то безвѣтный фильтратъ совершенно не показываетъ явленіе Майорана, но за то остающийся на фильтрѣ сгущенный растворъ приобретаетъ въ магнитномъ полѣ гораздо большее двоякое лучепреломленіе, чѣмъ раньше. Подобный же результатъ получается, когда коллоидальный растворъ предоставляется самому себѣ въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ: нижніе слои жидкости, болѣе темные, чѣмъ верхніе, показываютъ также большее лучепреломленіе. Изъ этого слѣдуетъ, конечно, заключить, что описываемое явленіе обусловливается ультрамикроскопическими частицами коллоидальной окиси. Желатинированные растворы не показываютъ явленія Майорана; но если желатинированіе (путемъ прибавленія соли) производится въ присутствіи магнитнаго поля, то двоякое лучепреломленіе не только остается и послѣ желатинированія раствора, но даже не вполне исчезаетъ и послѣ уничтоженія магнитнаго поля. Авторамъ удалось обнаружить описанное явленіе также и въ растворахъ, не содержащихъ желѣза, а именно въ жидкостяхъ, полученныхъ смѣшиваніемъ разбавленныхъ растворовъ соды и азотнокислой извести; въ данномъ случаѣ появленіе двоякаго лучепреломленія въ магнитномъ полѣ обусловливается взвѣшенными въ жидкости микроскопическими кристалликами углекис-

лой извести. Если эти кристаллики имѣютъ большіе размѣры, то явленіе исчезаетъ.

(Comptes Rendus).

**Ртутная лампа для изслѣдованія химическихъ дѣйствій ультрафіолетовыхъ лучей.** Ртутная лампа отличается, какъ извѣстно, богатымъ содержаніемъ ультрафіолетовыхъ лучей и потому можетъ служить особенно удобнымъ источникомъ для изученія различныхъ дѣйствій этихъ лучей. Въ № 11 „Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft“ Ф. Фишеръ описываетъ новую форму ртутной лампы, специально предназначенную для изученія химическихъ дѣйствій. Лампа, какъ видно изъ фиг. 17, состоитъ изъ цилиндрическаго стекляннаго тѣла А, заключающаго внутри себя длинный трубчатый сосудъ В; сосудъ этотъ сдѣланъ изъ кварцеваго стекла (какъ вещества мало поглощающаго ультрафіолетовые лучи), и, во избѣжаніе сильнаго на-



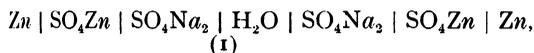
Фиг. 17.

грѣванія внутренняго пространства, имѣетъ двойныя стѣнки, промежутокъ между которыми эвакуированъ. Сосудъ В уплотненъ въ лампѣ А сургучной прокладкой Е. Въ боковыя трубочки DD' впаяны платиновыя проволоки, къ которымъ прикрѣпленъ анодъ К, желѣзное кольцо, охватывающее собой кварцевую трубку В. Въ нижнемъ концѣ лампы находится ртуть, служащая катодомъ; токъ приводится по проволокамъ С, F трубка для выкачиванія воздуха. У нижняго же конца трубки имѣется снаружи кольцеобразная стальной обложка, на которую намотана мѣдная проволока, для зажиганія лампы индукціонной катушкой. Своимъ нижнимъ концомъ лампа вставляется (и уплотняется резиновой прокладкой) въ горлышко опрокинутой большой бутылки съ отрѣзаннымъ дномъ. Въ бутылку протекаетъ вода, служащая для охлажденія лампы; охлажденіе же имѣетъ своей цѣлью уменьшеніе плотности ртутныхъ паровъ внутри лампы, способствующее образованію ультрафіолетовыхъ лучей, такъ что лампа горитъ сине-фіолетовымъ цвѣтомъ. Чрезъ лампу проходитъ токъ 5 амперъ при 20 вольтахъ. Подвергаемое дѣйствію ультрафіолетовыхъ лучей вещество помещается внутри трубки В. Такъ какъ, несмотря на двойныя стѣнки трубки, внутреннее ея пространство все же нагревается довольно сильно, то въ отверстіе О вставляется холодильникъ.

**Къ вопросу о жидкихъ діэлектрикахъ.**  
**Гура-де-Вильмонтъ.** Исслѣдованія автора касаетъ двухъ пунктовъ: 1) вліянія продолжительности заряда, и 2) электрическаго состоянія массы послѣ заряда. Въ первомъ рядѣ опытовъ (производившихся съ двумя цилиндрическими конденсаторами, наполненными одинъ керосиномъ, другой—парафиновымъ масломъ) внѣшняя обложка конденсатора заряжалась до потенциала  $V$  (10—20 вольтъ) въ течение времени  $\tau$  (отъ 0,0042 сек. до 30 минутъ), причемъ внутренняя обложка была отведена къ землѣ; затѣмъ внутренняя обложка соединялась мгновенно съ электрометромъ, наружная съ землей и измѣрялся зарядъ внутренней обложки  $Q_{\tau}$ . Измѣренія зарядовъ производились съ пьезоэлектрическимъ кварцемъ. Результаты: 1) внутренняя обложка показываетъ зарядъ противоположнаго знака тому заряду, который былъ сообщенъ наружной; 2) если  $K$  означаетъ постоянную кварца,  $p$  грузъ, вызывающій въ немъ зарядъ  $Q_{\tau}$ , то

$$\frac{p}{V_{\tau}} = \frac{Q_{\tau}}{KV_{\tau}}$$
 Во второй серіи опытовъ наружная обложка опять заряжалась до постоянного потенциала, внутренняя же соединялась въ теченіи опредѣленнаго времени съ электрометромъ. Результаты: 1) зарядъ внутренней обложки послѣ одного и того же промежутка времени пропорционаленъ потенциалу, сообщаемому наружной обложкѣ; 3) если по оси абсциссъ откладывать логариомы времени, по оси ординатъ величины  $\frac{p}{V_{\tau}}$ , то получается кривая, состоящая изъ двухъ почти прямыхъ вѣтвей, одна изъ которыхъ пересѣкаетъ ось подъ угломъ около  $45^{\circ}$ , другая же почти параллельна оси абсциссъ. Наконецъ, былъ произведенъ еще слѣдующій опытъ для рѣшенія вопроса, остается ли какой-нибудь зарядъ въ самой массѣ діэлектрика. Для этого конденсаторъ былъ снабженъ внизу выпускнымъ отверстиемъ; послѣ 4—10 минутнаго дѣйствія потенциала 20 вольтъ масло было быстро спущено въ Фарадеевскій цилиндръ, соединенный съ электрометромъ; ни малѣйшаго заряда въ маслѣ обнаружить не удалось. Результаты автора вполне аналогичны тѣмъ, какіе Кюри нашелъ для кристаллическихъ тѣлъ.

**О дѣйствіи мембранъ въ жидкихъ цѣпяхъ.** Въ жидкой цѣпи, составленной по схемѣ: растворъ соли  $A$  (вода) растворъ соли  $A_1$ , не наблюдается никакой разности потенциаловъ, въ томъ случаѣ, если концентрація обоихъ растворовъ одинакова. Новыя исслѣдованія Шако показываютъ, однако, что при включеніи въ такую цѣпь тщательной промывкой органической мембраны (пергаментъ, желатина и т. д.) возникаетъ электродвижущая сила, достигающая сравнительно значительной величины. Опыты производились слѣдующимъ образомъ. Бралась, напримеръ, цѣпь



соединенная съ капиллярнымъ электрометромъ Липпмана; въ ней, конечно, нельзя было обнаружить никакой электродвижущей силы. Затѣмъ контактъ (1) между водой и растворомъ сѣрнокислаго натра открывался и оба сосуда соединялись другъ съ другомъ посредствомъ опрокинутой U-образной трубки, наполненной растворомъ  $SO_4Na_2$  и затянутаго съ одного конца кускомъ хорошо промытаго пергамента; этотъ конецъ погружался въ сосудъ съ водой, другой—въ сосудъ съ  $SO_4Na_2$ . Тогчасъ же въ цѣпи появлялась электродвижущая сила, причемъ растворъ  $SO_4Na_2$  получалъ отрицательный зарядъ. Электродвижущая сила зависитъ отъ крѣпости раствора  $Na_2SO_4$  и уменьшается по мѣрѣ того, какъ эта соль диффундируетъ чрезъ мембрану въ воду. Перемишриваніе воды, устраняя дѣйствіе диффузій,

опять повышаетъ разность потенциаловъ. Такъ, при перемишриваніи воды въ указанной цѣпи получилась электродвижущая сила въ 0,133 вольта; при покоѣ она упала до 0,030 в. Если U-образная трубка наполнена не растворомъ соли, а водой, и затянутый пергаментсмъ конецъ ея погруженъ, наоборотъ, не въ растворъ соли, а въ воду, то электродвижущая сила быстро падаетъ до нуля, такъ какъ надъ мембраной вскорѣ собирается слой тяжелаго продиффундировавшаго раствора соли. Если въ цѣпи глауберова соль замѣнена сѣрной кислотой, то направление электродвижущей силы мѣняется. Подобные же опыты были произведены съ различными другими солями и различными мембранами. Знакъ и величина электродвижущей силы зависятъ: 1) отъ природы мембраны, 2) отъ природы и концентраціи солянаго раствора и 3) отъ взаимнаго расположенія мембраны и жидкостей. Авторъ объясняетъ описанныя имъ явленія образованіемъ у мембраны двойнаго электрическаго слоя; одинъ изъ іоновъ, вообще говоря, болѣе подвижный, остается на мембранѣ и образуетъ ея электрическій зарядъ; другой располагается между электролитомъ и водой и составляетъ второй электрическій листокъ. Повидимому, іоны водорода обладаютъ особенно развитой способностью приставать къ мембранамъ, такъ какъ уже малыя количества кислоты оказываютъ замѣтное дѣйствіе. (Comptes Rendus).

## О Б З О Р Ъ.

**Однофазный локомотивъ для 20000 вольтъ.** Какъ извѣстно, шведская компанія желѣзныхъ дорогъ, въ виду предполагаемаго введенія электрической тяги, предпринимаетъ съ іюля 1905 года подробные опыты съ электрическими локомотивами. Замѣчательно, что при этомъ употребляется исключительно однофазный токъ при 25 періодахъ въ связи съ коммутаторными двигателями. Для испытанія служили 2 локомотива и 2 вагона съ двигателями, которые были доставлены двумя нѣмецкими фирмами (Всеобщая компанія электричества и Сименсъ-Шуккертъ, а также и англійская компанія „Вестингаузъ“). Приведемъ нѣсколько данныхъ о локомотивѣ, доставленномъ Сименсъ-Шуккертотъ. Этотъ локомотивъ вѣситъ 36 т. и былъ первоначально предназначенъ приводить въ движеніе товарные поѣзда со скоростью 45 клм. въ часъ на горизонтали, и около 24 клм. въ часъ на подъемахъ до 10%. Посредствомъ измѣненія зубчатой передачи можно было бы повысить скорость до 65 клм. въ часъ.

Всѣ три оси вагона сдѣланы движущими и ихъ разстоянія другъ отъ друга составляютъ 1,7 и 2,3 м. Диаметръ колесъ 1100 мм. Рама локомотива, изготовленная изъ листовой стали, покоится при посредствѣ рессоръ 1200 мм. длиной, соединенныхъ уравнивающимъ коромысломъ между собой, на осяхъ изъ лучшей никелевой стали. Мѣсто для машиниста длиной 1600 мм. и шириной 2600 мм. совершенно закрыто и снабжено двумя боковыми дверьми.

Къ помѣщенію для машиниста примыкаетъ коробчатая пристройка 1200 мм. высотой, въ которой установлены, кромѣ трансформатора и всѣхъ необходимыхъ переключателей и предохранителей, еще 2 вспомогательныхъ двигателя. Проникнуть можно въ это помѣщеніе черезъ двери на боковыхъ стѣнкахъ.

Надъ серединой ящика идетъ отъ помѣщенія для машиниста на одинаковой съ нимъ высотѣ до конца локомотива болѣе узкая надстройка, служащая для введенія тока высокаго напряженія и охлаждающаго воздуха, а такъ же и для поддержки контактовъ.

Тормазомъ служитъ воздушный тормазъ Вакумъ Бракъ компаніи, въ Лондонѣ; 12 тормазныхъ коло-

докъ приводятся въ дѣйствіе двумя цилиндрами, соединенными съ вспомогательнымъ воздушнымъ резервуаромъ.

Что же касается электрическаго оборудованія, то прежде всего мы замѣтимъ, что коммутаторные двигатели рассчитаны на низкое напряженіе и питаются отъ регулируемаго трансформатора высокаго напряженія.

Оси приводятся въ движеніе тремя компенсированными двигателями; нормальная мощность каждаго при 320 вольтахъ и 25 періодахъ равна 110 лощ. силамъ и при настоящемъ отношеніи передачи, 1 : 5, всѣ три двигателя развиваютъ максимальную силу тяги въ 6000 кгр. Зубчатая передача окружена такимъ кожухомъ, что позволяютъ перемѣнить отношеніе передачи на 1 : 3.

Маслянный трансформаторъ рассчитанъ на 300 квт. Первичная его обмотка можетъ быть включена для различныхъ напряженій, а именно для 5000, 7500, 10,000, 12,500, 15,000, 17,500 и 20,000 вольтъ.

Одну изъ главнѣйшихъ цѣлей этихъ опытовъ составляло опредѣленіе границъ повышенія напряженія, до котораго можно идти, не угрожая безопасности; поэтому на станціи было устроено особенное приспособленіе, позволяющее измѣнять напряженіе въ вышеуказанныхъ границахъ.

Для вышесказаннаго переключенія первичной обмотки трансформатора, она раздѣлена на 8 отдѣльныхъ катушекъ по 2500 в., которыя могутъ быть соотвѣтственно соединены группами или послѣдовательно или параллельно. При каждой группировкѣ работаютъ всѣ отдѣльныя обмотки безъ исключенія, такъ что онѣ постоянно всецѣло используются. Переключеніе, которое, само собой разумѣется, дѣлается до начала опыта, совершается очень просто на распредѣлительной доскѣ трансформатора.

Вторичная обмотка трансформатора содержитъ главную группу и нѣсколько катушекъ, посредствомъ которыхъ напряженіе двигателей можетъ быть измѣнено при помощи 8 ступеней отъ 100 в. до 320 в. Кроме того, имѣются еще двѣ добавочныя катушки въ 120 и 240 в., первая для освѣщенія и отопленія локомотива и для работы вспомогательныхъ двигателей при половинномъ напряженіи и вторая для работы при полномъ напряженіи.

Ступенчатый выключатель для двигателей содержитъ одинъ главный барабанъ съ металлическими пластинами для 10 главнѣйшихъ положеній и особенно соединенный съ первымъ искрогасящимъ барабанъ, на которомъ при промежуточномъ положеніи искры, образующіяся вслѣдствіе короткаго замыканія одной изъ катушекъ, гасятся при помощи магнита. Этотъ ступенчатый выключатель приводится въ дѣйствіе рукой.

Несмотря на то, что нагрѣваніе двигателей также, какъ и трансформатора, далеко не достигаетъ допускаемой границы, все таки было устроено специальное приспособленіе для искусственнаго охлажденія. Для двигателей служить съ этой цѣлью вентиляторъ, дающій при 1725 оборотахъ въ минуту 40 куб. см. воздуха (требуемая сила 1,8 лощ. силы). Охлаждающій воздухъ вступаетъ въ боковую отверстія локомотива и проходитъ черезъ фильтръ отъ пыли, состоящій изъ ряда частыхъ ситъ въ жестяные каналы и черезъ гибкіе кожаные рукава во внутрь двигателей и выходитъ черезъ крышу локомотива. Охлажденіе масла трансформатора совершается при помощи маленькаго насоса, всасывающаго масло изъ трансформатора и прогоняющаго его черезъ рядъ охлаждающихъ трубъ, идущихъ вокругъ локомотива, обратно въ трансформаторъ. Воздушный насосъ и маслянный приводятся въ дѣйствіе вторымъ изъ вышесказанныхъ вспомогательныхъ двигателей. Кроме того, этотъ семисильный двигатель вращаетъ еще воздушный насосъ, доставляющій свистокъ сжатый до 6 атмосферъ воздухъ.

Для отведенія тока служатъ два автоматически

перекладывающіеся алюминиевыхъ скользящихъ контакта; каждый изъ нихъ самъ по себѣ пружинающій, кромѣ того, расположенъ на пружинной вращающейся рамѣ. Эта послѣдняя состоитъ изъ двухъ къ верху сходящихся стоекъ изъ угловаго желѣза, которыя соединены наверху шарниромъ и соединены снизу съ качающимися подвѣсками. Послѣднія соединены посредствомъ цѣпи; такимъ образомъ шарниръ и вмѣстѣ съ нимъ и контактъ можетъ передвигаться только вверхъ и внизъ. Все сооруженіе прижимается къ рабочему проводу посредствомъ пружинъ, приложенныхъ къ кривымъ дискамъ, соединеннымъ со стойками. Кривизна дисковъ такова, что контакты прижимается на всѣхъ высотахъ съ одинаковой силой. Контактъ можно опустить при помощи каната (Electrotechnik und Maschinenbau).

**Новый изоляціонный матеріаль-галалитъ.** Галалитъ, предназначаемый для замѣны рогаго каучука (эбонита) въ качествѣ изоляціоннаго матерьяла, получается изъ снятого коровьяго молока путемъ довольно сложной, хранящейся пока въ секретѣ, обработки. Матерьялъ этотъ обладаетъ очень значительной эластичностью (на 28—30% вышѣе, чѣмъ эбонитъ), легко рѣжется, точится и т. д. По испытанію, произведенному въ Physikalische Technische Reichsanstalt, плитка галалита 55 квадр. мм. въ поперечникѣ и 2—3 мм. толщины обладаетъ сопротивленіемъ нѣсколько свѣше 2000 мегомовъ. Сопротивленіе пробиванію электрической искрой найдено проф. Фоллеромъ для свѣтлаго, натурального галалита=16,8 см. для окрашеннаго, чернаго=15,2 см. а для болѣе толстыхъ плитъ=12,0 см. цифры эти обозначаютъ длину воздушнаго искроваго промежутка, отвѣчающаго тому напряженію, какое требуется для пробиванія искрой слоя данного матеріала толщиной въ 1 см.); такимъ образомъ въ этомъ отношеніи галалитъ приближается къ фарфору (сопротивленіе пробиванію искрой=15—20 см.), но уступаетъ эбониту (сопротивл.=20—30). Галалитъ совершенно лишенъ запаха, вполне нечувствителенъ къ дѣйствію жировъ, бензина, маселъ и щелочей; удѣл. вѣсъ его 1,4. Для полученія 1 кило галалита требуется 60 литровъ молока. Производящая этотъ продуктъ фирма „Vereingte Gumiwaaren Fabriken Hamburg“ предлагаетъ перерабатывать до 20 мил. литровъ молока въ годъ, что отвѣчаетъ около 330,000 кило галалита.

**Катастрофа на электрической желѣзной дорогѣ.** На 22 годичномъ собраніи американскаго института инженеръ-электриковъ Штейнмецъ былъ сдѣланъ докладъ объ одномъ очень интересномъ случаѣ порчи распределительной сѣти, происшедшей вслѣдствіе перенапряженія на Мангаттской электрической дорогѣ.

Во время несчастья на станціи работали 6 динамо трехфазнаго тока по 5000 квт. и 25 періодовъ подъ напряженіемъ въ 11000 в.; онѣ доставляли 37000 квт. при помощи 3-хъ слобныхъ подъ землей проложенныхъ кабелей на 8 подстанцій. Каждый питающій кабель былъ предохраненъ отъ перенапряженій при помощи предохранителей, которые состояли изъ 9 искротушителей, соединенныхъ послѣдовательно съ угловыми сопротивленіями по 3000 омъ.

Въ день катастрофы на двухъ подстанціяхъ наблюдалась на предохранителяхъ отъ повышенія напряженія и изоляторахъ частыя искры. Вскорѣ затѣмъ въ одномъ кабельномъ ящикѣ произошло короткое замыканіе и съ такой силой, что крышка нижняя и верхняя, надышавшаяся на уровнѣ улицы, съ страшнымъ шумомъ взлетѣли въ воздухъ. Одновременно съ этимъ у значительнаго числа кабелей, находившихся въ разномъ разстояніи отъ станціи была пробита изоляція, точно такъ же, какъ и на многихъ машинахъ. На одной изъ нихъ искра имѣла

длину 152 мм., т. е. перенапряжение было не менее 7000 в.; въ слѣдующую ночь одинъ кабель, бывшій доселѣ невредимымъ, получилъ соединеніе съ землей, нѣкоторые кабели обгорѣли на большой длинѣ, предохранители были уничтожены и т. д. Забѣлательна при этомъ высокая абсолютная величина перенапряженія и небольшое число періодовъ, благодаря чему разрушительное дѣйствіе могло распространиться на такую большую площадь.

Въ своемъ докладѣ Штейнмецъ держится того взгляда, что начало всей катастрофы слѣдуетъ искать въ кабельной коробкѣ, гдѣ между наружной оболочкой и однимъ изъ трехъ проводниковъ произошелъ колебательный разрядъ. Такіе разряды сами по себѣ не такъ опасны, напряжение и энергія ихъ не такъ велики, равно какъ и площадь распространения—слѣдствіе большой частоты этихъ разрядовъ; но при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, какъ это и было въ разбираемомъ случаѣ, они могутъ повлечь за собою гибельныя послѣдствія.

Какъ только отъ провода къ оболочкѣ перескочила искра, между ними появилась дуга, и упала разность потенциаловъ; вслѣдствіе этого уменьшилась сила тока, и емкость системы стала переходить въ энергію, заряжавшую кабель. Когда зарядъ и потенциалъ кабеля возрасталъ въ достаточной мѣрѣ, процессъ повторялся съ той же послѣдовательностью. Такимъ образомъ образовывались волны тока и напряжения, которыя распространялись по проводамъ съ значительной быстротой. Ихъ частота главнымъ образомъ зависитъ отъ условий, господствовавшихъ въ мѣстѣ возникновенія, а затѣмъ уже отъ сѣти.

Такимъ образомъ, происходитъ интересное явление, состоящее въ томъ, что въ данномъ случаѣ колебательнаго разряда были не только два рода колебательныхъ движеній, собственныхъ колебаній системы и связанныхъ, извнѣ посылаемыхъ колебаній, но и третій родъ: колебанія отъ короткаго замыканія, ни въ какой связи съ предыдущими не стоявшихъ. Такъ какъ вспыхиваніе и потуханіе дуги слѣдуетъ другъ за другомъ съ большою быстротою, то кривыя тока имѣютъ почти прямоугольное очертаніе; плоскую вершину и круто поднимающееся начало. Поэтому если подобная волна встрѣчаетъ на своемъ пути какое либо препятствіе, напримѣръ, индуктивныя сопротивленія, то въ этихъ пунктахъ происходитъ очень высокое повышеніе напряженія, которое выражается въ видѣ искръ на приборахъ распределительныхъ досокъ.

Исходя изъ этого Штейнмецъ объясняетъ случай на мангаттанской ж. д. тѣмъ, что, какъ уже выше было указано, въ кабельной коробкѣ возникъ колебательный разрядъ, вызвавшій появленіе искръ на предохранителяхъ. Но прямой порчи не было до тѣхъ поръ, пока, раньше, чѣмъ могло быть отыскано поврежденіе, дуга не достигла второго проводника и не вызвала короткаго замыканія. Такъ какъ въ это время работали 6 динамо каждая подъ нагрузкой около 12000 квт., и, кромѣ того, умформеры на подстанціяхъ, то дуга послужила проводникомъ для количества энергіи равнаго 10000 квт.; а такъ какъ эта энергія развита была въ теченіе  $\frac{1}{10}$  секунды, это равносильно было взрыву полфунта динамита. Легко понять, что такое короткое замыканіе произвело такія колебанія тока, которыхъ не могли выдержать предохранители. Когда сѣтъ была выключена, то во многихъ мѣстахъ поврежденія не были замѣчены на поверхности и только черезъ нѣкоторое время достигли окончательнаго разрушенія.

(Electrical Review.).

**Наблюденія надъ продолжительностью молній** производились уже Фарадеемъ, который опредѣлялъ ее въ одну секунду, въ противоположность Дове, который считалъ ее весьма малой. Болѣе или менѣе научныя, въ современномъ смыслѣ

слова, опыты были произведены Дюфуромъ совместно съ Витстономъ. При помощи приборовъ съ чрезвычайно большой угловой скоростью, они установили, что кажушіяся намъ мгновенными молніи дѣлятся на два класса; одни продолжаются непрерывно извѣстный промежутокъ времени, другія же представляютъ изъ себя рядъ другъ за другомъ слѣдующихъ вспышекъ.

Въ новѣйшее время при помощи фотографическихъ снимковъ Вальтеру удалось неопровержимо доказать, что большая часть видимыхъ нами молній суть ничто иное, какъ рядъ отдѣльныхъ, короткихъ разрядовъ, выравнивающихъ разности потенциала въ отдѣльныхъ слояхъ атмосферы. Кромѣ того, изъ разсмотрѣнія этихъ фотографическихъ снимковъ можно убѣдиться въ томъ, что яркость молніи не постоянна, но периодически измѣняется, откуда съ вѣроятностью можно вывести заключеніе, что разряды эти колебательнаго характера. Продолжительность промежутковъ между отдѣльными разрядами Вальтеръ опредѣляетъ въ различныхъ случаяхъ отъ 0,1 до 0,01 секунды. Едвали, конечно, когда-либо удастся произвести съ помощью аппаратовъ, даже и очень быстро вращающихся, измѣренія постоянныхъ, характеризующихъ эти колебанія. Если, дѣйствительно, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ колебательными разрядами, то мы сможемъ здѣсь примѣнить тѣ же методы изслѣдованія, какъ и для электрическаго резонанса. Въ виду интереса вопроса, мы считаемъ умѣстнымъ ознакомить нашихъ читателей съ наблюденіями Шмидта, описанными въ одномъ изъ послѣднихъ №№ „ETZ“. Шмидтъ пользовался для своихъ наблюденій дискомъ 10 см. въ діаметрѣ, на которомъ на черномъ фонѣ былъ изображенъ бѣлый крестъ, съ толщиною каждой изъ перекрестныхъ линий около 2 мил. Дискъ приводился въ движеніе часовымъ механизмомъ и съ быстротою отъ 50 до 60 оборотовъ въ секунду въ зависимости отъ переменнаго напряженія пружины. При этомъ наблюдались самыя разнообразныя явленія. Иногда крестъ вырисовывался на черномъ фонѣ въ рѣзко опредѣленномъ положеніи, но чаще онъ появлялся не одинъ, но нѣсколько разъ другъ за другомъ, причемъ яркость его съ каждымъ разомъ убывала. Взаимное положеніе изображеній было въ этомъ случаѣ самое разнообразное: иногда они были наклонены на уголъ около 45°, иногда же не болѣе 10°. Благодаря такимъ смѣнявшимся часто другъ друга изображеніямъ, получалось впечатлѣніе, что дискъ вертится въ сторону, обратную дѣйствительной, или совершаетъ попеременные качанія. Какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ продолжительность молній, независимо отъ того, былъ ли одинъ или цѣлый рядъ разрядовъ, колебалась отъ  $\frac{1}{35000}$  до  $\frac{1}{40000}$  секунды, ибо если бы продолжительность была бы больше, то каждая изъ перекрестныхъ линий фигуры должна была бы утолститься съ 2 на  $2\frac{1}{2}$  мм. согласно вычисленіямъ Шмидта, что не замѣчалось ни разу.

Иногда можно было наблюдать яркій въ центрѣ крестъ съ болѣе туманными очертаніями краевъ и даже удавалось въ особо удачныхъ случаяхъ разглядѣть, что около каждой черты появлялись двѣ три побочныя подъ угломъ на глазъ не болѣе 5°. Къ этому же классу слѣдуетъ отнести и наблюдавшуюся разъ Шмидтомъ грандіозную молнію, при блескѣ которой можно было замѣтить не крестъ, а 8 крестовъ, наложенныхъ на равномъ другъ отъ друга разстояніи. Молнія эта состояла, очевидно, минимумъ изъ 8 отдѣльныхъ разрядовъ, каждый около  $\frac{1}{1000}$  секунды.

И только одинъ разъ при одной перпендикулярно къ горизонту на высотѣ 30°—40° сверкнувшей молніи дискъ оказался сѣрымъ, и находившееся въ его центрѣ изображеніе креста не было усмотрѣно, то есть, продолжительность этой молніи была громадна—около  $\frac{1}{200}$  секунды.

## БИБЛИОГРАФИЯ.

**Пособие для завѣдующихъ станціями искрового телеграфа.** С.-Петербургъ. 1905. 106 стр. + 33 стр. чертежей.

Изъ предисловія видно, что это пособие составлено кап. 2. Р. Реммертомъ; составитель смотритъ на него, какъ на дополнение къ сочиненію г. Энгельмана. Оно, дѣйствительно, не заключаетъ въ себѣ технического описанія приборовъ, а лишь попытку теоретическаго освѣщенія схемъ телеграфирования безъ проводовъ, главнымъ образомъ по системѣ Телефункенъ.

Однако, это теоретическое освѣщеніе въ болѣе трудныхъ вопросахъ весьма поверхностно; возьмемъ, напримѣръ, теорію связанныхъ цѣпей (стр. 30 и сл.); авторъ полагаетъ, что „основныя понятія беспроводнаго телеграфирования извѣстны“ (пред. стр. 1), и прямо пишетъ уравненіе связанныхъ системъ; затѣмъ приводитъ ихъ готовое рѣшеніе и сообщаетъ, что вытекаетъ изъ анализа его; далѣе говорится, что называется коэффициентомъ связи и, наконецъ, сообщается, что большой коэффициентъ связи производитъ большое излученіе, а малый — годенъ для точной настройки. Такой рядъ догматически высказанныхъ ступеней теоріи, несвязанныхъ промежуточными степенями, не даетъ объясненія.

При этомъ способѣ изложенія для читателя важно знать, вѣрно ли выраженъ авторомъ окончательный результатъ теоріи, но совершенно безразлично, вѣрны ли положенія, имѣющія значеніе лишь въ ходѣ доказательства; читатель можетъ и не замѣтить, что на стр. 33 г. Реммертъ неправильно опредѣляетъ переходъ къ электрической связи, какъ принятіе во „вниманіе еще и емкости контура“; какъ будто при магнитной связи этою емкостью пренебрегаютъ! Точно также для читателя можетъ остаться скрытою глубокая невѣрность утвержденія, что появленіе двухъ периодовъ въ тѣсно связанной схемѣ, „раздвѣиваніе колебательнаго состоянія или энергіи ослабляетъ общее дѣйствіе системы“ (стр. 29); а также противорѣчіе этого утвержденія съ тѣмъ, что именно при слабой связи часть энергіи исчезаетъ въ явленіи въ видѣ быстро затухающаго колебанія (вѣрное положеніе, на стр. 31). Вѣдь, невѣрность утвержденія проявилась бы лишь тогда, еслибъ изъ него было выведено отношеніе амплитудъ колебаній въ связанныхъ системахъ (что такъ легко сдѣлать), а не дано догматически подѣ фразой: „можно вычислить“ (стр. 92).

Я не могу сказать, что по книгѣ кап. Реммерта нельзя получить никакихъ теоретическихъ свѣдѣній; верхушки теоріи выражены въ ней достаточно точно; книга заключаетъ въ себѣ лишь неправильно изложеніе теоретической мысли (примѣрами могутъ служить еще: опредѣленіе условій вѣрности формулы Томсона на стр. 19, опредѣленіе емкости когерера на стр. 49). Почему русскіе авторы столь мало углубляютъ своихъ читателей въ теоретическія статьи нѣмецкихъ ученыхъ? Зачѣмъ тогда упоминать, что важныя практическія приобрѣтенія „являются результатомъ строгаго математическаго анализа“ (страница 116)?

*В. Л.*

**Проф. А. Слаби. Работы по беспроводной телеграфіи.** (Отправительныя станціи и ихъ настройка). Переводъ съ нѣм. С. Н. Петрова подѣ ред. проф. А. С. Попова С.-Петербургъ. 1905 г. 89 стр. Ц. 1 руб.

Для лицъ, занимающихся телеграфомъ безъ проводовъ, освоившихся съ основами теоріи и практики этого дѣла, опытныхъ изслѣдованія г. Слаби полны интереса и весьма поучительны; они касаются свойствъ отправительной станціи типа Маркони. Сдѣлавъ нѣсколько замѣчаній относительно емкости и самоиндукціи простѣйшей мачты и роли ея различныхъ частей, авторъ разбираетъ случаи сложной ма-

чты (арфы и цилиндра), значеніе добавочной катушки и емкости и сложныя схемы съ цѣпями, связанными электрическимъ и магнитнымъ полемъ. Результаты, полученные г. Слаби, интересны, какъ непосредственно приложимые къ практикѣ, но его работы и поучительны: читатель узнаетъ, какъ ставятся техническіе опыты, какъ пользуются различными приборами, какъ упрощенныя формулы теоріи могутъ направлять изслѣдованія, и въ какой мѣрѣ онѣ оправдываются дѣйствительностью. Работы Слаби помогаютъ практику разбираться въ тѣхъ многочисленныхъ вопросахъ, которые возбуждаются различными частными случаями. Большого научнаго значенія онѣ не имѣютъ, такъ, напримѣръ, методъ замѣщенія при опредѣленіи „сопротивленія“ искры (стр. 57) не свободенъ отъ серьезныхъ недостатковъ.

Русскій переводъ сочиненія г. Слаби хорошъ и видимо, подвергнутъ тщательной редакціи.

*В. Л.*

**Lexikon der Elektrizität und Elektrotechnik.** Herausgegeben von Fr. Hoppe. A. Hartlebens Verlag in Wien und Leipzig. Erscheint in 20 Lieferungen zu 50 Pf. Vollständig Preis 10 M. Erste Lieferung, S. 48.

**Словарь по электричеству и электротехникѣ.** Составилъ Фр. Гоппе. Первый выпускъ. Изд. А. Гартлебена въ Вѣнѣ и Лейпцигѣ. Въ 20 вып. Цѣна выпуска 50 пф. (=25 к.), полного изданія 10 мк. (=5 р.) Стр. 48.

Настоящее изданіе представляетъ изъ себя толковый словарь электрическихъ и электротехническихъ терминовъ. Цѣль его состоитъ въ томъ, чтобы дать возможность всѣмъ неспециалистамъ ориентироваться среди многочисленныхъ техническихъ и научныхъ терминовъ, встрѣчающихся въ литературѣ. При современной специализации и ростѣ техники такая задача представляетъ много симпатичнаго, и необходимо привѣтствовать появленіе этой краткой энциклопедіи, какъ въ высшей степени полезное начинаніе. Судя по первому выпуску, можно заключить, что центръ тяжести этого изданія лежитъ въ области электротехники; научные термины и понятія объясняются лишь въ той мѣрѣ, въ какой они могутъ быть интересны для техника, и при томъ, надо сказать, объясненія эти не всегда точны и научны. За то область техники разработана довольно обстоятельно: мы находимъ здѣсь цѣлый рядъ цифровыхъ данныхъ, описаніе различныхъ специальныхъ областей примѣненія электричества, наиболее важныя типы конструкцій и схемъ. Текстъ составленъ вполне доступно для лицъ, имѣющихъ хотя бы самыя элементарныя свѣдѣнія по электричеству. Довольно много численные и хорошо исполненные рисунки представляютъ весьма полезное дополненіе къ тексту. Отмѣтимъ, въ особенности, довольно обширный параграфъ, посвященный аккумуляторамъ, который вполне доступенъ и достаточно обстоятельно описываетъ устройство и примѣненія аккумуляторовъ, а также уходъ за ними, наиболее употребительныя схемы соединеній и конструктивныя детали различныхъ типовъ.

Въ числѣ достоинствъ изданія необходимо отмѣтить свѣжесть данныхъ, помѣщенныхъ въ словарь. Составители не только использовали литературу послѣднихъ годовъ, но также не оставили безъ вниманія каталоги и брошюры наиболее извѣстныхъ электротехническихъ фирмъ.

*Д. Р.*

**Ueber die Oxydation des Stickstoffes in der Hochspannungsflamme.** Von Dr. Iogannes Brode. Halle a S. Verlag von W. Knapp 1905. Preis 2 M. 50 Pf.

**Объ окисленіи азота въ вольтовой дугѣ высокаго напряженія.** I. Броде. Изд. В. Книппа. Галле. 1905. Стр. 63 in 8°. Съ 19 рис. въ текстѣ. Цѣна 2 мк. 50 пф. (=1 р. 25 к.).

Въ нашемъ журналѣ настоящему вопросу былъ посвященъ обстоятельный обзоръ Л. Гурвича \*), и къ изложенному въ ней книжка Броне въ ея комплиментивной своей части прибавляетъ очень мало. Больше интереса для нашихъ читателей можетъ представить оригинальный матерьялъ, представляющій результаты экспериментальныхъ изслѣдованій автора. Первый параграфъ этой части (стр. 27—34) посвященъ экспериментальной постановкѣ изслѣдованій (полученію дуги высокога напряжения, конструкціи прибора и электродовъ), а также общей характеристикѣ свойствъ пламенной дуги. Второй параграфъ (стр. 34—46) содержитъ сводку данныхъ относительно температуры пламени и результаты изслѣдованія автора о потребленіи энергіи въ дугѣ. Третій параграфъ (стр. 46—60) заключаетъ рядъ данныхъ относительно выхода окисловъ азота и зависимости выхода отъ мощности дуги, разстоянія между электродами, вещества электродовъ, влажности, охлаждения. Въ заключеніе авторъ приводитъ соображенія относительно промышленной выгоды различныхъ способовъ связыванія атмосфернаго азота. Приведемъ наиболѣе интересныя данныя. Химическіе способы, достигающіе этой цѣли, не могутъ идти въ сравненіе съ методами, основанными на примѣненіи электрической энергіи, отчасти вслѣдствіе малаго выхода конечнаго продукта, отчасти вслѣдствіе сложности химическихъ процессовъ. Два метода, такъ или иначе пользующіея электрической энергіей, могутъ конкурировать между собой; это—окисленіе азота въ пламенной дугѣ и добываніе электротермическимъ путемъ карбидовъ, вступающихъ въ соединеніе съ азотомъ и дающихъ цианамиды соотвѣтственныхъ металловъ. Для добыванія окисловъ азота въ электрической дугѣ расходъ энергіи составляетъ 1 квт.-часъ на 100 гр. азотной кислоты; при полученіи цианамидовъ расходъ электрической энергіи нѣсколько меньше (1 квт.-часъ на 175 гр. азотной кислоты). Если положить, что электрическая энергія можетъ доставляться по  $\frac{1}{2}$  коп. за квт.-часъ (тамъ, гдѣ электрическая энергія дешева, это предположеніе недалеко отъ истины), то стоимость электрической энергіи для добыванія 1 кгр. азотной кислоты оказывается равной  $2\frac{1}{2}$  коп. Рыночная цѣна 100 кгр. неочищенной 50% азотной кислоты составляетъ 12 р. 50 к., а сырая чилійская селитра стоитъ 8 р. 50 к. за 100 кгр. Такимъ образомъ, еслибы главный расходъ при добываніи соединеній азота падалъ на потребляемую энергію, то уже въ настоящее время добываніе азотной кислоты изъ атмосфернаго воздуха могло бы конкурировать съ разработкой естественныхъ залежей азотнокислыхъ солей. Но главныя трудности въ техническомъ отношеніи состоятъ не въ добываніи окисловъ азота, а въ переработкѣ ихъ въ крѣпкую азотную кислоту. Удачное разрѣшеніе послѣдней задачи можетъ повести за собой развитіе новой отрасли промышленности: добываніе азотныхъ соединеній изъ воздуха.

Д. Р.

**Einführung in die Thermodynamik auf energetischer Grundlage** von Dr. Julius Meyer. Verlag von W. Knapp. Halle a. S. 1905. Preis Mk. 8.

**Введеніе въ термодинамику съ точки зрѣнія энергетики Ю. Мейера.** Изд. В. Кнаппа. Галле. 1905. Стр. 216+VIII. Цѣна 8 мк. (=4 р.).

Термодинамика въ настоящее время сдѣлалась основой теоретической химіи, и знакомство съ ней является необходимой подготовкой для химиковъ различныхъ специальностей, такъ или иначе сопрікающихся съ физико-химическими вопросами. Въ частности электрохимія, какъ теоретическая, такъ и прикладная, покоится на выводахъ термодинамики, и на каждомъ шагѣ встрѣчается съ необходимостью пользоваться ея методами и положеніями. Строго научное обоснованіе всѣхъ физикохимическихъ дис-

циплинъ, въ томъ числѣ и электрохиміи, можетъ дать только термодинамика, а потому въ высшей степени желательной является всякая попытка популяризировать въ химическихъ кругахъ основныя положенія этого отдѣла теоретической физики. Настоящая книжка и имѣетъ въ виду главнымъ образомъ химиковъ и физикохимиковъ и составлена примѣнительно къ этой основной цѣли.

Авторъ выбралъ для изложенія энергетическую точку зрѣнія, которая находитъ себѣ сторонниковъ главнымъ образомъ среди физикохимиковъ и является, повидимому, наиболѣе цѣлесообразнымъ педагогическимъ приемомъ для популяризаціи термодинамики въ кругу лицъ, получившихъ химическое образованіе. Ничего существенно новаго эта точка зрѣнія въ науку не вноситъ, но дѣлаетъ болѣе доступными и наглядными нѣкоторыя отвлеченныя понятія термодинамики.

При изложеніи термодинамики приходится пользоваться основными приемами дифференціального и интегрального исчисленія. Не предполагая за читателями математической подготовкы, авторъ на нѣсколькихъ страницахъ излагаетъ основныя математическія понятія, встрѣчающіяся въ дальнѣйшемъ изложеніи. Въ большинствѣ случаевъ въ дифференціальныя уравненія термодинамики входятъ частныя производныя, и на нихъ слѣдовало бы остановиться главнымъ образомъ въ математическомъ введеніи. Къ сожалѣнію, именно этотъ вопросъ затронутъ авторомъ очень кратко.

Въ первомъ отдѣлѣ книги трактуются основныя законы энергетики, уравненія состоянія и физической смыслъ нѣкоторыхъ частныхъ производныхъ. Второй отдѣлъ посвященъ первому закону термодинамики и его слѣдствіямъ. Третій отдѣлъ занятъ изложеніемъ второго закона и различными понятіямъ связаннымъ съ нимъ. Здѣсь находятся главы объ энтропії, обратимыхъ и необратимыхъ процессахъ, термодинамическихъ потенціалахъ съ примѣненіями этихъ понятій къ различнымъ вопросамъ. Четвертый отдѣлъ представляетъ наибольшій интересъ для физикохимика, потому что въ немъ собранъ весь матерьялъ, представляющій основу физикохимическихъ явленій и постоянно встрѣчающійся при теоретическомъ ихъ разборѣ. Таково, напримѣръ, ученіе о свободной энергіи съ ея примѣненіями къ изотермическимъ процессамъ, дающее возможность вывести всѣ кардинальныя формулы физико-химическаго равновѣсія. Затѣмъ идетъ теорія слабыхъ растворовъ, законъ массъ. Довольно обширная глава посвящена электрохимическимъ процессамъ. Наконецъ, мы встрѣчаемъ рядъ химическихъ иллюстрацій въ видѣ обратимыхъ химическихъ реакцій. Въ концѣ книги въ примѣчаніяхъ приведены нѣкоторыя таблицы и численныя данныя.

Въ общемъ книжка удовлетворительно разрѣшаетъ задачу, поставленную ея авторомъ, который не гонится за общностью выводовъ, но даетъ всѣ наиболѣе существенныя основныя положенія термодинамики въ примѣненіи къ физикохимическимъ задачамъ. Она явится хорошимъ пособіемъ для лицъ, занимающихся физической химіей, но не имѣющихъ возможности заняться штудированіемъ специальныхъ сочиненій, посвященныхъ термодинамикѣ. Чисто физическіе вопросы и детальное развитіе нѣкоторыхъ отдѣловъ оставляется авторомъ въ сторонѣ, отчего, конечно, выигрываетъ доступность изложенія. Достоинствомъ книги является еще то, что система обозначенія и видъ формулъ принятъ тотъ, который употребляется обыкновенно въ физикохимической литературѣ. Многочисленныя иллюстраціи теоретическихъ положеній дѣлаютъ ихъ болѣе наглядными и пріучаютъ переходить отъ теоріи къ практическимъ примѣненіямъ.

Вѣднность книги, какъ и всѣхъ изданій того же издательства, производитъ весьма пріятное впечатлѣніе.

Д. Р.

\*) См. Э—во 1904 г., № 11—12, стр. 157.

**Entwurf von Schaltungen und Schaltapparaten** (Schaltungstheorie). Von **Robert Edler**. Erster Band. Mit 186 Abbildungen im Text. Hannover. Dr. Max Jänecke. Verlag; 1905. X+192, in 8°. Preis 6 M.

**Проектирование соединений и соединительных приборов** (теория соединений) **Роберта Эдлера**. Том первый. Съ 186 рисунками въ текстѣ. Ганноверъ. Изданіе Максъ Йенеке. 1905, X+192 in 8. Цѣна 3 руб.

Существенное различіе задачъ, которыя выставляются въ томъ, что первая въ большинствѣ случаевъ допускаютъ неопредѣленное число болѣе или менѣе удачныхъ рѣшеній. Въ каждомъ техническомъ вопросѣ, будь это проектирование паровой машины, доменной печи или беспроводнаго телеграфа, расчету или чисто математической обработкѣ поддается самая незначительная, предварительная часть темы: все остальное зависитъ отъ чисто практическаго опыта, случайныхъ соображеній и, скажемъ прямо, отъ таланта или искусства лица, разрабатывающаго данный проектъ.

Конечно, изучая уже готовые рѣшенія, можно путемъ чисто индуктивнымъ вывести нѣкоторыя общія правила, сдѣлать нѣкоторые выводы и установить нѣкоторые приемы, систематизировать собранный такимъ образомъ матеріалъ и снабдить его взятыми отуда же цифровыми данными. Подобная работа несомнѣнно будетъ чрезвычайно цѣнна, во многомъ облегчитъ работу, избавитъ отъ ненужныхъ попытокъ, которыя неминуемо должны закончиться неудачей, и сбережетъ много кропотливаго труда, но назвать собранный и систематизированный матеріалъ теоріей—это значитъ употреблять слово въ томъ смыслѣ, котораго оно не имѣетъ.

Все это, какъ нельзя болѣе, относится къ предмету разбираемаго сочиненія. Во всѣхъ многочисленныхъ областяхъ не только электротехники, но и техники вообще трудно подыскать такую область, гдѣ удачное рѣшеніе разныхъ задачъ въ такой степени бы зависѣло отъ индивидуальныхъ способностей конструктора, какъ въ области электрическихъ распределеній. Всякій, кому приходилось съ этимъ работать, въ особенности въ случаѣ болѣе или менѣе сложныхъ установокъ, признаетъ это и несомнѣнно скептически отнесется къ попыткѣ замѣнить то, что называютъ нѣмцы „Konstruktionsgefühl“ какой-нибудь теоріей. Тѣмъ не менѣе отвергать пользы этихъ попытокъ нельзя, и это лучше всего доказываетъ книга Эдлера.

Сущность „теоріи“ г-на Эдлера заключается въ слѣдующемъ. Задавая цѣлью спроектировать распределительный аппаратъ для какой-нибудь установки, онъ чертитъ эскизъ тѣхъ соединений, въ которыхъ должны находиться тѣ или другіе приборы, причемъ всѣ зажимы входящихъ въ соединеніе приборовъ обозначаются особыми буквами, такъ что, на примѣръ, соединеніе зажимовъ *a* и *b* у него схематически изображается *ab*. Затѣмъ для каждаго взаимнаго положенія приборовъ онъ выписываетъ при помощи вышесказанныхъ обозначеній весь рядъ соединеній: *L, a—bc—de* и т. д., причемъ, конечно, разсматривая въ результатѣ эти ряды, можно установить, что нѣкоторые зажимы будутъ находиться въ постоянной связи, другіе же нѣтъ. Ясно, что дѣйствіе распределительнаго аппарата должно распространяться только на переключеніе этихъ послѣднихъ зажимовъ; первые же развѣ навсегда должны быть соединены наглухо. Что же касается послѣднихъ, то разглядывая соотвѣтствующие ряды, мы найдемъ, на примѣръ, въ одномъ изъ нихъ соединеніе *bc*, въ другомъ же *bg*. Изображая это символически въ видѣ дроби  $\frac{bc}{bg}$  или, еще иначе  $\left[ \begin{matrix} b & c \\ & g \end{matrix} \right]$  мы найдемъ,

что зажимъ *b* долженъ быть соединенъ съ центромъ или неподвижной точкой переключателя, а зажимы *c* и *g* съ двумя контактами, на которые онъ будетъ переключаться.

Уже изъ этого самаго простѣйшаго примѣра можно себя уяснить, въ чемъ заключается теорія распределеній, придуманная авторомъ, или какъ онъ незамѣтно для себя справедливо выражается въ вступленіи, „теоретическій костюмъ“, въ который онъ пытается облачить эмпирическія попытки. И дѣйствительно, послѣ того, какъ просмотримъ, какъ изначио прилагается этотъ методъ къ одному-двумъ примѣрамъ, то теорія автора покажется очень привлекательной, и первое впечатлѣніе таково, что она даетъ дѣйствительно вѣрный компасъ въ руки намъ, которые до сихъ поръ бродили съ завязанными глазами. Но это только первое впечатлѣніе. Дѣйствительно, для того, чтобы составить необходимые символическіе ряды, необходимо схематически изобразить имѣющіеся зажимы въ такихъ соединеніяхъ и въ такой послѣдовательности, которыя бы удовлетворяли тѣмъ или другимъ напередъ задуманнымъ условіямъ. Такихъ расположеній въ каждомъ болѣе или менѣе сложномъ случаѣ будетъ отнюдь не одно, но нѣсколько, причемъ всѣ будутъ удовлетворять одной и той же цѣли, и выбрать изъ нихъ такое, которое дастъ простѣйшее распределеніе, это, значитъ, рѣшать задачу, зная заранѣе, хотя бы отчасти, ея отвѣтъ. Единственно, что можетъ приемъ рекомендуемый авторомъ—это болѣе скоро установить схему распределительнаго аппарата. Такимъ образомъ главная заслуга автора состоитъ въ введеніи символическаго обозначенія зажимовъ, классификаціи ихъ на „постоянные“ (*dauernde*) и „переменные“ (*wechselnde*), т. е. въ болѣе точномъ формулированіи тѣхъ приемовъ, которые все равно сознательно или бессознательно практиковались. Содержаніе перваго тома обнимаетъ собою 37 примѣровъ проектированія распределительныхъ аппаратовъ для простыхъ освѣтительныхъ установокъ, для групповой зарядки аккумуляторныхъ батарей, и, наконецъ, крановъ, автомобилей и трамваевъ.

Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ, что разбираемая книжка едва ли представитъ, что нибудь новое для лицъ, давно работающихъ въ этой области. Но для учащейся молодежи, для начинающихъ конструкторовъ, методъ принятый авторомъ въ высокой степени педагогиченъ. Онъ даетъ хоть извѣстное подобіе логической связи при изученіи этого сухого въ обыкновенномъ изложеніи предмета и такимъ образомъ облегчаетъ хожденіе ошупью, сосредоточивая вниманіе не на схемѣ самаго распределительнаго аппарата, который при этомъ получается, какъ непосредственный выводъ, а на выборѣ той или другой послѣдовательности соединеній. Кромѣ того, примѣры, даваемые авторомъ, выбраны чрезвычайно удачно и представляютъ изъ себя богатый матеріалъ для упражненій.

Внѣшность книжки оставляетъ чрезвычайно приятное впечатлѣніе.

*И. Троицкій.*

## НОВЫЯ ИЗДАНИЯ.

**La théorie moderne des phénomènes physiques** par **Augusto Righi**. Edité par „L'Éclairage Électrique“. Paris. 1906. p. 125.

**L'année électrique** par le **Dr. Foveau de Courmelles**. Edition Ch. Béranger. Paris. 1906. Prix 3 fr. 50.

**Turner-Hobart. Isolierung an elektrischen Maschinen**. Verlag von J. Springer. Berlin. 1906. Preis Mk. 8.