

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Описаніе нѣкоторыхъ новыхъ линій электрическихъ желѣзныхъ дорогъ:

(Изъ поездокъ по Америкѣ и Европѣ инж. п. с. Г. О. Графтію и техника Б. І. Минкевича).

(Продолженіе *).

В. Линія Церматт—Горнергратъ.

Церматтъ представляетъ собою небольшое селеніе, расположеннное на высотѣ 1600 метровъ надъ уровнемъ моря, почти въ самомъ концѣ узкой и живописной долины рѣчки Віежъ, впадающей въ верхнюю Рону, и въ непосредственной близости къ цѣлому ряду ледниковъ и снѣговыхъ вершинъ. Вмѣстѣ съ Бернскимъ Оберландомъ, мѣстность эта является одной изъ наиболѣе замѣчательныхъ въ Швейцаріи по грандіозной красотѣ природы.

Съ вершины Горнергратъ, одной изъ возвышеностей, находящихся въ непосредственной близости съ Церматтомъ (3100 м. надъ уровнемъ моря), открывается великолѣпная панорама на рядъ ледниковъ и снѣжныхъ полей, разстилающихся у подножія этой горы и на окаймляющей ихъ снѣжныя вершины: Маттерхорнъ, или Монъ Сервенъ (4480 м.), Монте Роза (4640 м.) и другія,

Вследствіе малой доступности Церматтъ, однако, мало посѣщался, пока желѣзная дорога, наполовину зубчатая, наполовину адгезіонная, проложенная по долинѣ рѣчки Віежъ, не соединила его въ 1891 году съ Юра-Симплонской жел. дорогой.

Постройка этой дороги сразу увеличила число туристовъ, посѣщающихъ Церматтъ, въ теченіе 3-хъ съ небольшимъ лѣтнихъ мѣсяцевъ съ 1900 до 20000. Въ настоящее время число ихъ превышаетъ уже 40000.

Восхожденіе на Горнергратъ совершается почти всѣми посѣщающими Церматтъ, и вопросъ о сооруженіи зубчатой дороги, которая бы доходила до вершины Горнергратъ, былъ поднятъ вслѣдъ за постройкой линіи Віежъ—Церматтъ.

Были произведены подробная изысканія, но окончательно вопросъ о постройкѣ былъ рѣшенъ лишь въ 1894 году, когда концессія на по-

стройку, выданная Швейцарскимъ правительствомъ, перешла въ собственность гг. Гаагъ и Грейлихъ (Haag & Greilich).

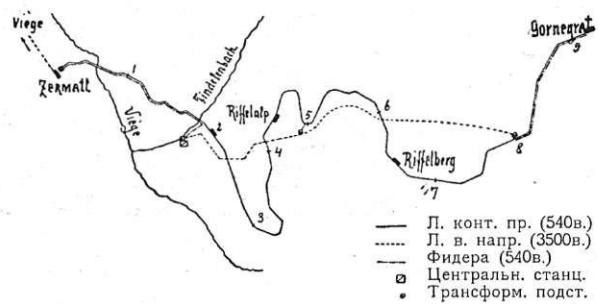
Въ концѣ 1895 г. была закончена реализація, въ маѣ 1896 г. начаты работы и въ юлѣ 1898 г. открыто правильное движеніе по всей линіи.

Въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ линіей въ болѣе чѣмъ достаточномъ количествѣ имѣлась водяная энергія и потому съ самаго начала въ принципѣ было рѣшено примѣнить на дорогѣ электрическую тягу.

Былъ устроенъ конкурсъ между лучшими фирмами для составленія проекта электрической тяги. Изъ 5-ти представленныхъ проектовъ, въ 4-хъ предлагалась тяга съ двигателями постояннаго и лишь одинъ, представленный фирмой Броунъ-Бовери, рѣшалъ вопросъ при помощи трехфазныхъ двигателей. Такое рѣшеніе вопроса рѣзко выдѣлялось среди другихъ экономичностью и простотой, и было принято, несмотря на то, что новая система тяги до тѣхъ поръ еще не была испытана ни на одной зубчатой дорогѣ.

Направленіе линіи, продольная профиль и нижнее строеніе полотна.

Общее направленіе линіи и продольная профиль представлена на фиг. 1 и 2.



Фиг. 1.

Начальная станція линіи расположена непосредственно около станціи Церматтъ, линіи Церматтъ—Віежъ (фиг. 3). Здѣсь-же по близости расположено депо.

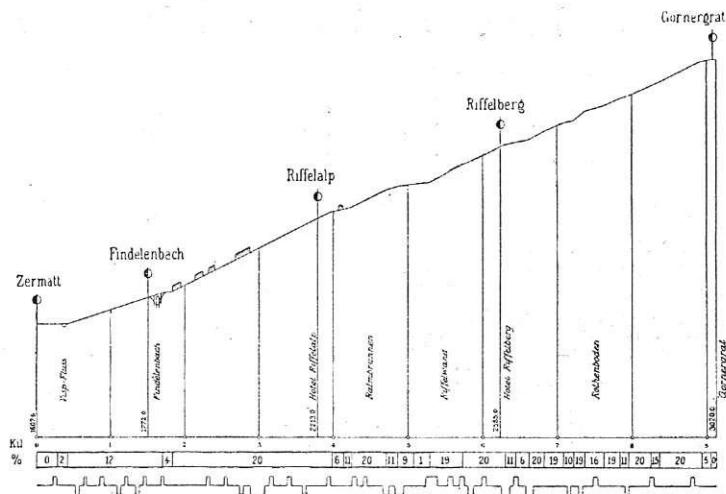
Въ началѣ линія идеть почти горизонтально до моста отверстіемъ въ 24 метра черезъ р. Віежъ, непосредственно за которымъ начинается сплош-

* См. «Электричество» № 19, стр. 257.

ной подъемъ. Въ началѣ 2-го километра, линія переходитъ віадукомъ ущелье съ потокомъ Финделенбахъ (фиг. 4). Віадукъ металлическій на

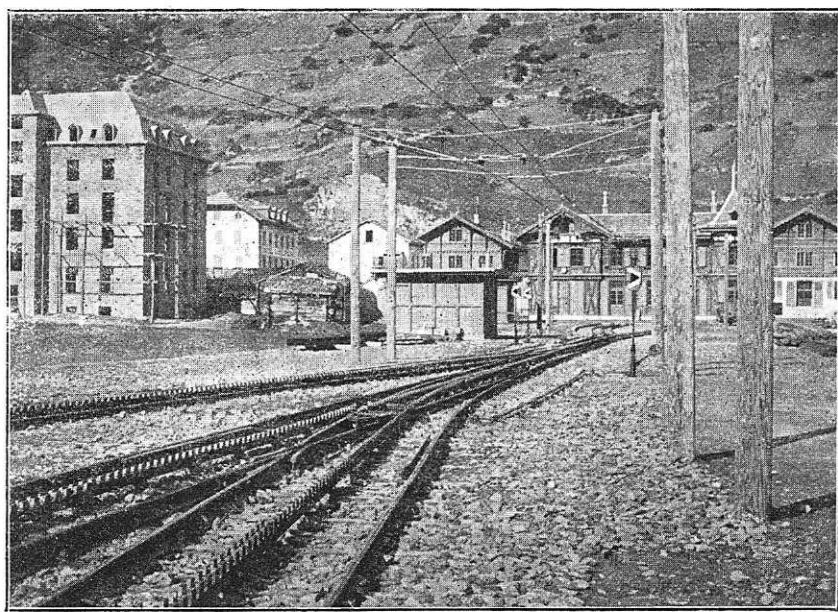
Очертаніе нижняго пояса средняго пролета параболическое (фиг. 5).

Далѣе на протяженіе слѣдующаго километра,



Фиг. 2.

каменныхъ опорахъ *), высотою около 50 м. и на сплошномъ подъемѣ въ 200^{0/00} расположены расположены на сплошномъ подъемѣ въ 124^{0/00}. 4 небольшихъ туннеля, изъ которыхъ наибольший



Фиг. 3.

Три пролета по 28 м. перекрыты двумя раскосными фермами со свѣшивющимися консолями и небольшой шарнирной балочкой по срединѣ.

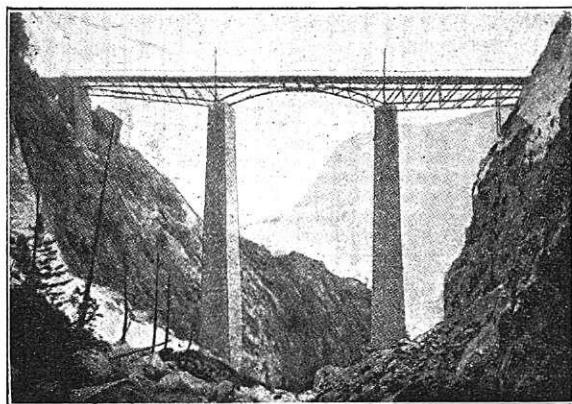
*) Сначала здѣсь предполагался каменный віадукъ и были начаты работы по возведенію опоръ для него. Но вслѣдствіе крайне дождливаго лѣта 1896 г. и раннаго выпаденія снѣга, ходъ работъ въ первый же строительный періодъ былъ сильно задержанъ. Такъ какъ съ сооруженіемъ віадука былъ связанъ

длиною въ 200 м. На пятомъ километрѣ имѣется еще небольшой туннель.

Работы по пробиванію этихъ туннелей производились и зимою, въ виду того, что мѣстный

вопросъ о своевременномъ веденіи работъ на всей дальнѣйшей части линіи, то для ускоренія дѣла отказались отъ каменного віадука. Начатыя опоры были возведены до надлежащей высоты и на нихъ установлены металлическія фермы.

власти запретили производство взрывныхъ работъ ночью въ теченіе всего лѣтняго сезона.



Фиг. 4.

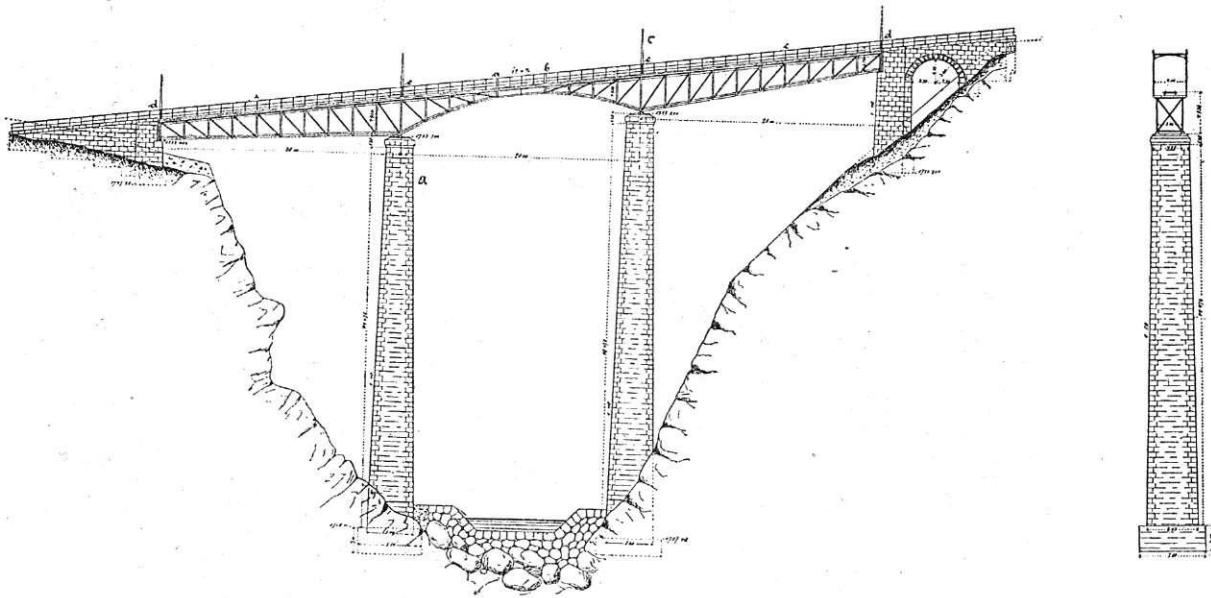
На время зимнихъ работъ у входовъ въ туннели были устроены склады и теплые бараки для рабочихъ. Послѣдніе на это время были почти

бенности же буры, тупились и изнашивались чрезвычайно быстро.

Далѣе до самой вершины Горнергратъ, мѣстность представляется значительно болѣе ровной и легкой за исключеніемъ участка передъ станцией Риффельальпъ, гдѣ также потребовался цѣлый рядъ подпорныхъ стѣнокъ.

Затѣмъ, при сооруженіи линіи, начиная съ высоты примѣрно 2700 метровъ надъ уровнемъ моря, пришлось серьзно считаться, вслѣдствіе разрѣженности воздуха, съ такъ назыв. горною болѣзнью *). Сама по себѣ совершенно не опасная, она очень сильно отразилась на производительности рабочихъ.

Вся линія Церматтъ-Горнергратъ протяженіемъ около 9,6 км. Ширина колеи 1 м., наибольшіе подъемы достигаютъ 200^{0/00}, минимальный радиусъ закругленій 80 м. Этотъ радиусъ, впрочемъ, почти единственный для всѣхъ закругленій. (Благодаря неизмѣнной величинѣ радиуса закругленій на большей части протяженія линіи явилось возможнымъ сократить до минимума разнообразіе въ длинахъ звеньевъ рельсовъ и въ длинахъ зубчатыхъ полосъ).



Фиг. 5.

совершенно отрѣзаны отъ вѣшняго мѣра, вслѣдствіе громаднаго количества выпадающаго здѣсь снѣга.

Кромѣ туннелей, вся эта часть линіи, вслѣдствіе крутыхъ скатовъ и большихъ неровностей, потребовала весьма крупныхъ работъ, въ видѣ выемокъ въ скалѣ и цѣлаго ряда подпорныхъ стѣнокъ. Всѣ эти работы, въ особенности же работы по пробитію туннелей, представили большія трудности, такъ какъ главную массу горныхъ породъ здѣсь составляеть серпентинъ, иногда перемѣшанный съ желѣзняками. Вслѣдствіе большої вязкости этой породы, инструменты, въ осо-

бенности же буры, тупились и изнашивались чрезвычайно быстро.

Ширина земляного полотна поверху 3,6 метра.

*) Главные симптомы горной болѣзни составляютъ общая слабость и ломота въ суставахъ, головная боль, пониженная температура, слабый но очень учащенный пульсъ и учащенное дыханіе, а также потеря аппетита.

Вліяніе разрѣженнаго воздуха мнѣ пришлось замѣтить на себѣ при восхожденіи пѣшкомъ на Горнергратъ осенью 1898 г. въ обществѣ двухъ моихъ друзей.

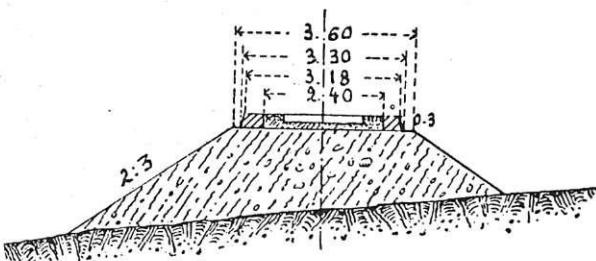
Оно сдѣлалось замѣтнымъ также начиная съ

Верхнее строение.

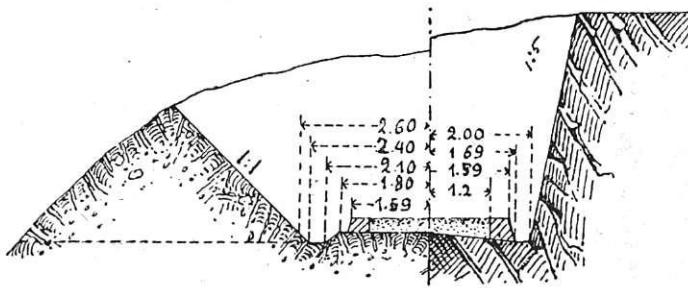
На всемъ протяженіи линіи баластный слой толщиною въ 0,3 м. и шириной въ 2,4 м. состоитъ исключительно изъ крупнаго щебня. На

крепленнымъ болтами къ поперечинамъ (фиг. 15, 16).

Зубцы обѣихъ полосъ не приходятся одинъ противъ другого, а расположены въ перемежку. Стыки зубчатыхъ полосъ скрѣплены плоскими



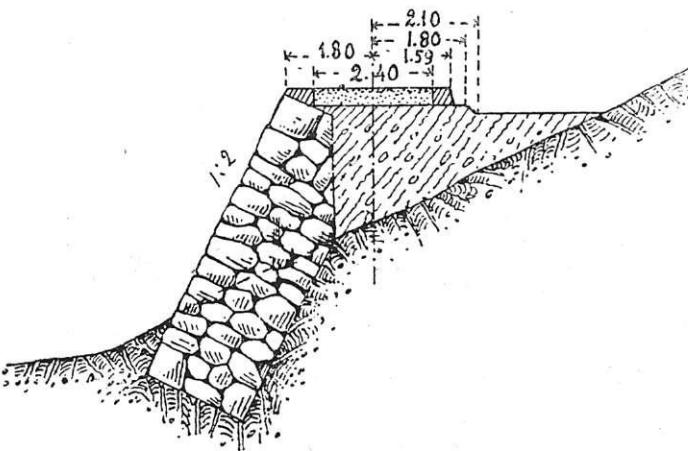
Фиг. 6.



Фиг. 7.

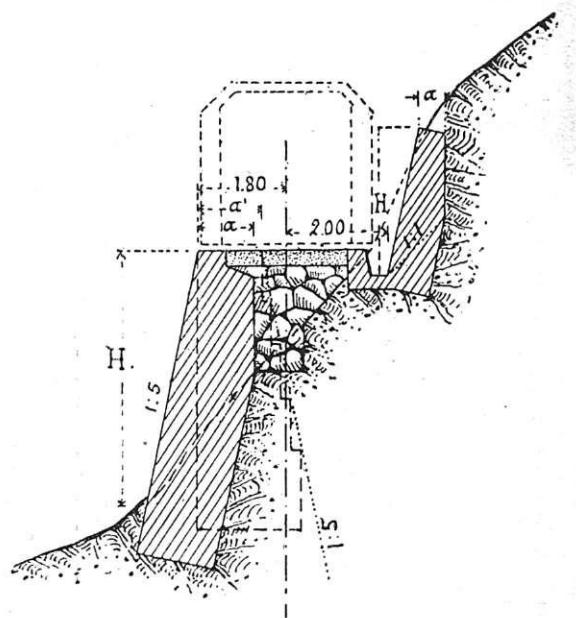
всемъ протяженіи онъ съ обѣихъ сторонъ огражденъ кордонами изъ довольно крупныхъ штучныхъ камней (фиг. 11).

Металлическое строеніе состоитъ изъ виніолевскихъ рельсовъ и зубчатки Абта, прикрепленныхъ къ желѣзнымъ поперечинамъ (фиг. 12). Рельсы стальные въсомъ 20,6 кгр. на погонный метръ. Стыки съ фасонными накладками (фиг. 13 и 14). Горизонтальная полки накладокъ для уничтоженія угонки рельсовъ снабжены вырѣ



Фиг. 8.

накладками. Зубчатыя полосы изготовлены изъ томасовской стали, обладающей времененнымъ сопротивленіемъ около 48 кгр. на кв. мм. при 20% удлиненія. Башмаки изъ литого желѣза съ времененнымъ сопротивленіемъ около 45 кгр. при



Фиг. 9.

зами, въ которые входятъ зажимные болты, скрѣпляющіе рельсы съ поперечинами.

Зубчатка Абта состоитъ изъ 2-хъ зубчатыхъ полосъ, приболченныхъ съ обѣихъ сторонъ къ особаго типа башмакамъ тавроваго сѣченія, при-

высоты 2700—2800 м., когда мы миновали Риффельбергъ. Несмотря на то, что мѣстность здѣсь была уже гораздо ровнѣе чѣмъ внизу, мы принуждены были останавливаться на нѣсколько секундъ черезъ каждые 20—30 шаговъ, вслѣдствіе крайне учащенного дыханія и очень быстро утомленія, которое, впрочемъ, также быстро исчезало во время передышекъ. Но этимъ все ограничилось и мы сравнительно легко добрались до вершины.

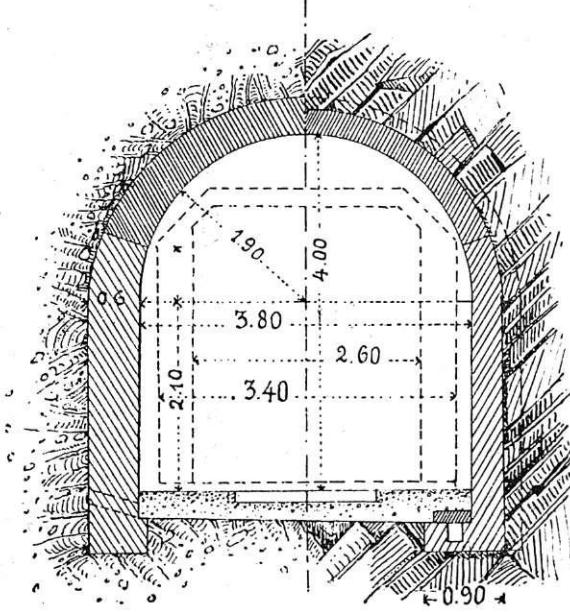
15% удлиненія. Длина отдѣльныхъ звеньевъ зубчатой полосы 1,8 м. на прямыхъ участкахъ пути. Зубчатка возвышается на 5 см. надъ уровнемъ рельсовъ. Всѣъ зубчатки съ башмаками и скрѣпленіями составляетъ 44 кгр. на погонный метръ.

Поперечины, длиною въ 1,8 м. и въсомъ каждая въ 21,2 кгр., также изъ литого желѣза.

Нормальное разстояніе между осями поперечинъ 90 см. На стыкахъ же вдвое меньше. На каждое звено рельсовъ, длиною въ 10,8 м., приходится, такимъ образомъ, 14 поперечинъ.

Для возможности свободнаго прохожденія

стрѣлокъ безъ нарушенія зацѣпленія на послѣдніхъ, на нѣкоторомъ протяженіи имѣется всего



Фиг. 10.

одна зубчатая полоса, сначала расположенная съ одной стороны башмаковъ, а затѣмъ съ другой (фиг. 3).

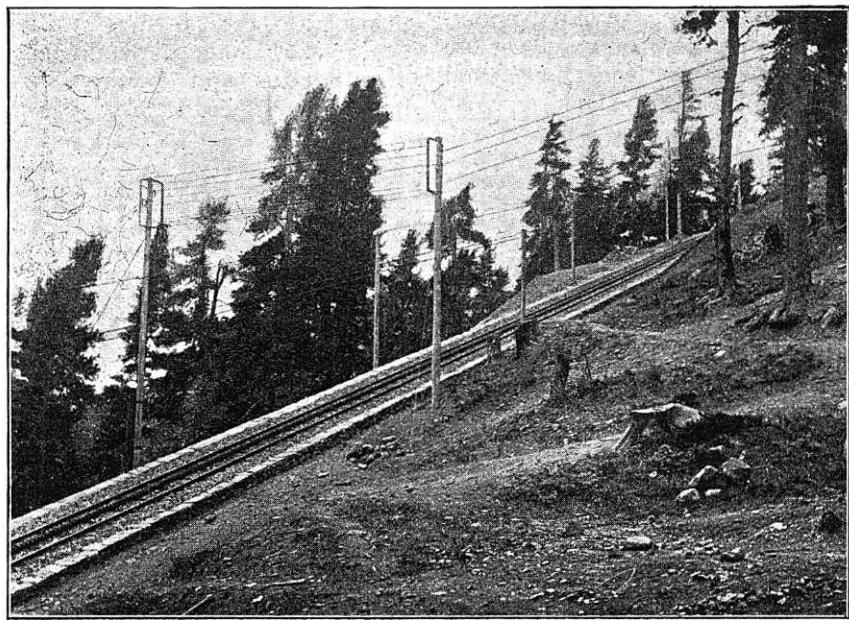
Центральная электрическая станція.

Гидравлическая энергія доставляется потокомъ Финделенбахъ, берущимъ начало изъ ледника того-же имени и впадающимъ въ р. Віежъ.

Центральная станція расположена на лѣвомъ берегу потока, метрахъ въ 80 ниже віадука.

Выше по теченію, на разстояніи около 200 м. отъ віадука, береть начало отъ потока дериваціонный каналъ. Каналъ этотъ съ ничтожнымъ уклономъ идетъ частью открыто, большою же частью высѣченными въ скалѣ щельями почти до самаго віадука, гдѣ онъ оканчивается небольшимъ отстойнымъ каменнымъ резервуаромъ, отъ котораго начинается напорная труба. Въ началѣ дериваціоннаго канала расположена крупная рѣшетка изъ наклонныхъ желѣзныхъ полосъ и щитовой затворъ. Примѣрно, по срединѣ длины канала расположены второй затворъ съ боковымъ водосливомъ. Отстойный резервуаръ также снабженъ боковымъ щитовымъ водосливомъ и кромѣ того, мелкой рѣшеткой изъ наклонныхъ желѣзныхъ полосъ, расположенной надъ небольшимъ порогомъ передъ отверстіемъ напорной трубы (фиг. 18).

Напорная труба клепанная, желѣзная, діаметромъ въ 0,9 м. и длиною въ 200 м., расположена наклонно подъ угломъ въ 30° къ горизонту. Нижній конецъ ея подходитъ къ зданію центральной станціи и оканчивается здѣсь гори-



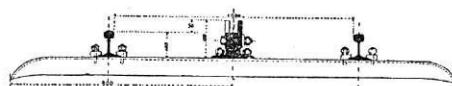
Фиг. 11.

Абтомъ выработанъ для его системы особый типъ перевода, позволяющій однимъ рычагомъ перемѣщать остряки рельсовъ и концы соотвѣтствующихъ зубчатыхъ полосъ (фиг. 17 и 3).

зонтальнымъ отросткомъ длиною въ 20 м., расположеннымъ вдоль зданія и отъ котораго отходяще боковыя трубы меньшаго діаметра къ турбинамъ. Означенная труба можетъ доставлять около 1 куб. метра воды въ секунду при напорѣ

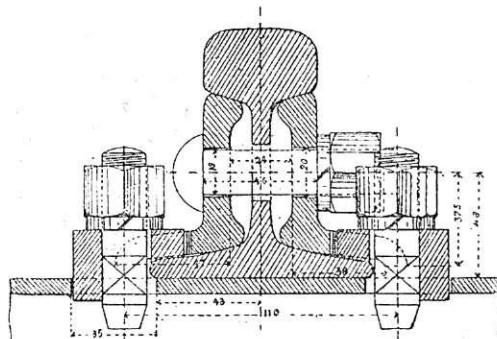
около 100 м. Это составляетъ мощность около 1000 лош. силь на валу турбинъ *).

Въ 1898 году на центральной станціи находились 3 горизонтальная турбины Белля въ 250 лош.



Фиг. 12.

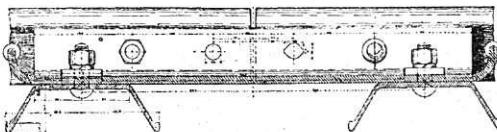
силь каждая, непосредственно соединенная съ трехфазными генераторами. Въ работе находились 2 такія группы, третья же—запасная. Въ виду предполагавшаго увеличенія движенія, на



Фиг. 13.

станціи было оставлено мѣсто для 4-й группы. Генераторы Броунъ-Бовери двѣнадцатиполюсные съ вращающимися индукторами. При нормальной скорости въ 400 оборотовъ, они даютъ токъ въ 3500 вольтъ при 40 периодахъ.

Возбужденіе индукторовъ обоихъ генераторовъ производится машиной постоянного тока, приво-



Фиг. 14.

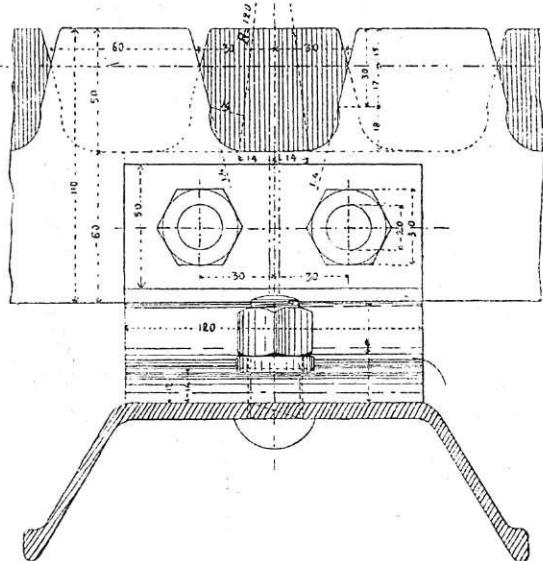
димой въ дѣйствіе отдельной небольшой турбиной въ 25 лош. силь, дѣлающей 900 оборотовъ.

Другая такая же группа служить запасной. Каждая такая группа можетъ служить для возбужденія индукторовъ 3-хъ генераторовъ. Кроме того, ею производится освѣщеніе центральной станціи.

Регулированіе скорости большихъ турбинъ при измѣненіяхъ нагрузки генераторовъ производится перемѣщеніемъ щитовыхъ затворовъ. Это перемѣщеніе производится автоматически особымъ

водянымъ релѣ, приводимымъ въ дѣйствіе центробѣжнымъ регуляторомъ.

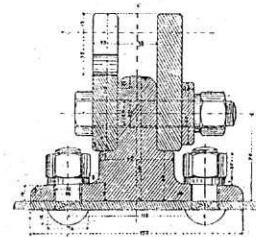
Регулированіе скорости турбинъ оказалось весьма удовлетворительнымъ. Такъ, разница между скоростью при полной нагрузкѣ и скоростью при ходѣ порожнякомъ составляетъ около



Фиг. 15.

1%. При внезапномъ же измѣненіи нагрузки отъ полной до нуля—временное измѣненіе скорости доходитъ до 2%.

Для избѣжанія разрушительного дѣйствія удара столба воды при быстромъ закрытии щитовыхъ оконъ, имѣются особый резервуаръ съ сжатымъ



Фиг. 16.

воздухомъ, играющій роль эластичнаго компрессора. Нагнетаніе воздуха въ этотъ резервуаръ производится небольшимъ воздушнымъ насосомъ, приводимымъ въ дѣйствіе особой небольшой турбиной.

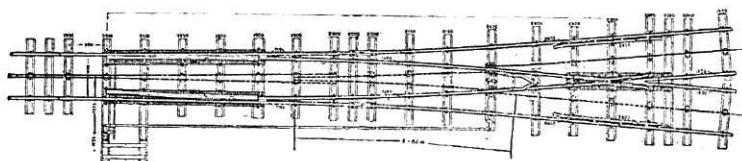
Кромѣ того, для большей равномѣрности хода на валахъ турбинъ имѣются маховики. Соединеніе валовъ генераторовъ и турбинъ эластичное.

Что же касается регулированія напряженія у зажимовъ генераторовъ, то оно производится въ ручную при помощи реостата, измѣняющаго величину тока въ индукторахъ.

Впрочемъ и здѣсь это регулированіе облегчается малымъ измѣненіемъ напряженія при по-

* Минимальный расходъ воды въ Финделенбахѣ зимой составляетъ около 3,5 куб. метровъ въ секунду, лѣтомъ же во время таянія ледника доходитъ до 15 куб. метровъ.

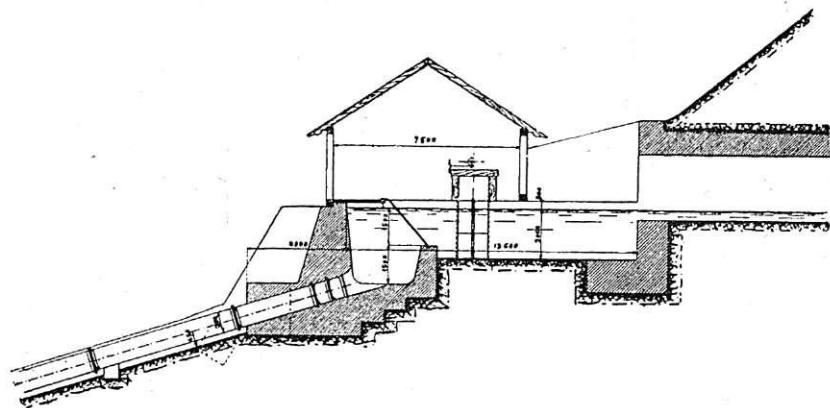
стойной скорости, обусловливаемымъ слабой внутренней реакцией генераторовъ.



Фиг. 17.

Распределительная доска отличается большой простотой. На лицевой сторонѣ (фиг. 19а) каждой

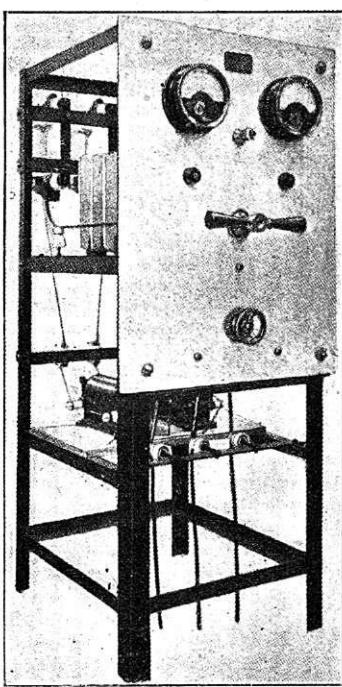
шія высокое напряженіе, расположены за доской (фиг. 19б).



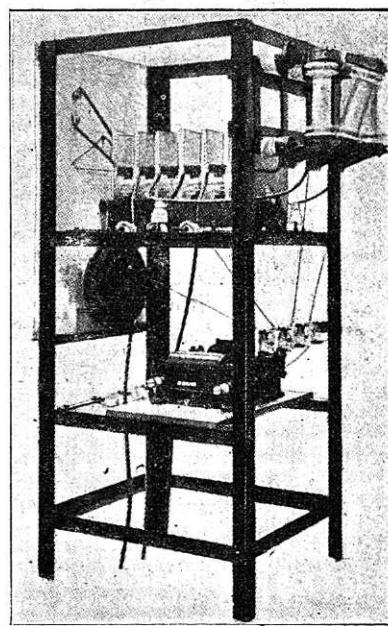
Фиг. 18.

панели расположены вольтметръ и амперметръ, фазная лампочка, рукоятка къ трехполюсному выключателю.

Цепи въ каждой фазѣ происходятъ одновременно въ двухъ мѣстахъ. Кромѣ того, всѣ 6 рубильниковъ отдѣлены одинъ отъ другого шіферными досками для устраненія возможности короткихъ



Фиг. 19а.

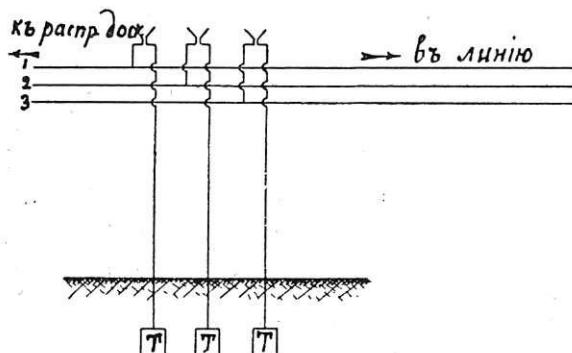


Фиг. 19б.

телю и маховичекъ къ реостату для регулированія поля. Всѣ же провода и части приборовъ, несущіе

замыканій. Каждая фаза снабжена также легкоплавкимъ предохранителемъ, состоящимъ изъ

тонкой алюминиевой проволочки, заключенной въ фарфоровую ручку.



Фиг. 20.

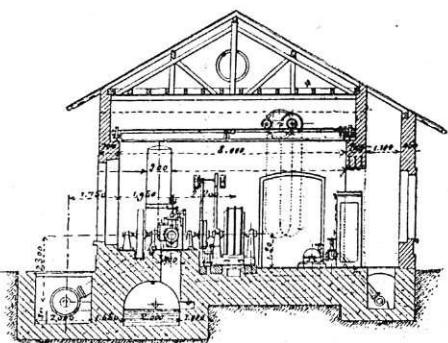
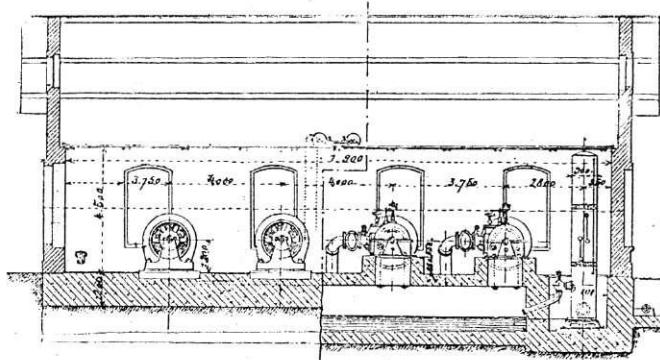
Вольтметръ расположень на вторичной цѣпи маленькаго трансформатора, понижающаго напряженіе до 100 вольтъ.

ное при сколько нибудь высокихъ напряженіяхъ.

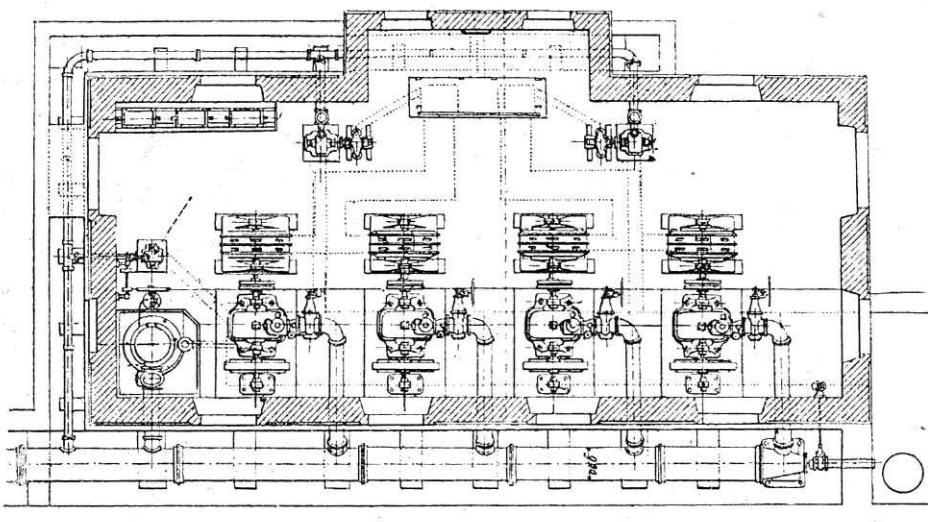
Передъ выходомъ изъ зданія центральной станціи на каждомъ изъ 3-хъ проводовъ высокаго напряженія имѣется по громоотводу Сименса *) (фиг. 20). Общее расположение машинъ на центральной станціи представлено на фиг. 21abc.

Линія высокаго напряженія, трансформаторы и контактные провода.

Трехфазный токъ въ 3500 вольтъ, производимый генераторами центральной станціи, передается по линіи высокаго напряженія къ двумъ трансформаторнымъ подстанціямъ, понижающимъ это напряженіе до 540 вольтъ и расположеннымъ на километрахъ 5-мъ и 8-мъ. Третья группа трансформаторовъ расположена на 2-мъ километрѣ въ самомъ зданіи центральной станціи. На протяженіе между центральной станціей и подстанціей



Фиг. 21 а и б.



Фиг. 21с.

Мраморныя доски, составляющія отдѣльныя панели, расположены на легкомъ жѣлѣзномъ оставѣ. Расположеніе всѣхъ проводовъ и частей приборовъ за доской отличается замѣчательной ясностью и простотой—обстоятельство очень важ-

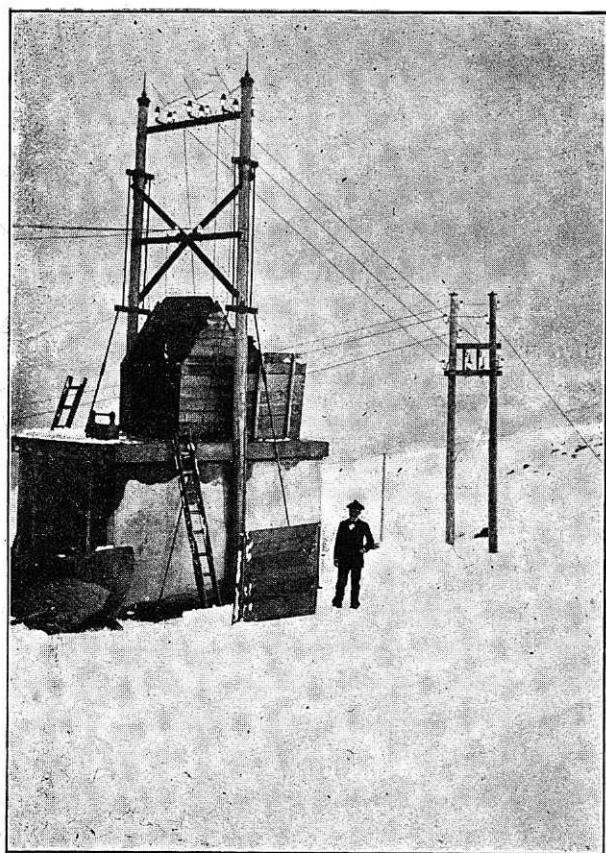
на 5-мъ километрѣ линія высокаго напряженія состоять изъ трехъ мѣдныхъ проводовъ въ 5,5 мм.,

*) Громоотводы этого типа чрезвычайно распространены въ Швейцаріи и при всей своей простотѣ отличаются правильнымъ и надежнымъ дѣйствиемъ.

далѣе же до подстанціи на 8-мъ километрѣ изъ проводовъ въ 4 мм.

Линія высокаго напряженія не слѣдуетъ вдоль полотна дороги, а идетъ по кратчайшему направлению, пересѣкая полотно въ трехъ мѣстахъ (фиг. 1). Провода высокаго напряженія подвѣшены на фарфоровыхъ двухъюбочныхъ изоляторахъ къ ряду деревянныхъ столбовъ высотою около 7,5 м. Наибольшая величина пролета 50 м., хотя вслѣдствіе крайне пересѣченной мѣстности, пролеты въ большинствѣ случаевъ менѣе.

Трансформаторная подстанція мощностью въ



Фиг. 22.

180 киловаттъ состоять каждая изъ группы 6 трансформаторовъ, по 30 к.-в. На каждую фазу приходится по 2 такихъ трансформатора, работающихъ въ параллельномъ соединеніи. Фазы соединены звѣздой *). Въ теченіе короткихъ промежутковъ времени эти трансформаторы могутъ работать при двойной нагрузкѣ.

Каждая группа такихъ трансформаторовъ за-

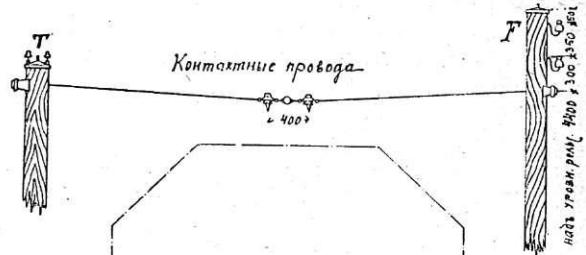
*) Въ настоящее время фирма Броунъ-Бовери для подстанціи на электрическихъ дорогахъ примѣняетъ исключительно трансформаторы съ общей магнитной цѣпью, погруженные въ масло. Такіе трансформаторы допускаютъ, въ теченіе короткихъ промежутковъ времени, перегрузку въ три раза противъ нормальной и наиболѣе подходить для цѣлей тяги. О нихъ ниже, при описаніи линіи Тунъ-Бургдорфъ.

ключена въ каменную будку. На зимнее время, въ виду громаднаго количества снѣжныхъ осадковъ и низкой температуры, трансформаторныя будки заколачиваются снаружи досками и промежуточное пространство между деревянной обшивкой и самой будкой заполняется соломой. На фиг. 22 представлена трансформаторная будка на 8-мъ километрѣ, снятая 7 октября 1898 г. Въ этотъ день въ Церматтѣ было еще тепло, но на верху лежалъ слой снѣга болѣе фута толщиной, движеніе электрическихъ поѣздовъ было прекращено наканунѣ, и въ этотъ день происходило заколачивание всѣхъ станціонныхъ построекъ и трансформаторовъ на зимнее время.

Рядомъ съ трансформаторными будками на особыхъ столбахъ расположены выключатели, позволяющіе разъединять трансформаторы отъ линіи высокаго напряженія.

Вторичныя обмотки трансформаторовъ непосредственно соединены съ обоими воздушными контактными проводами и съ рельсами, играющими роль третьяго провода.

Контактные провода, діаметромъ въ 8 мм., распо-



Фиг. 23.

ложены на высотѣ 4,5 м. надъ уровнемъ рельсовъ на разстояніи 0,4 м. одинъ отъ другого.

Они подвѣшены къ поперечнымъ стальнымъ проволокамъ, протянутымъ между деревянными столбами, расположеннымъ по обѣ стороны пути (фиг. 23).

Прикрепленіе контактныхъ проводовъ къ подвѣскамъ произведено при помощи спайки. Кроме изоляціи, находящейся въ самихъ подвѣскахъ, оба контактные провода изолированы другъ отъ друга еще шаровыми изоляторами. Междуда подвѣсками же и деревянными столбами шаровыи изоляторы не имѣются. Это объясняется отчасти невысокимъ напряженіемъ въ контактныхъ проводахъ и отчасти расчетомъ на изолирующее свойство дерева. Хотя изоляція линіи при такихъ условіяхъ вполнѣ удовлетворительна и въ дождливое время, но несомнѣнно было бы лучше имѣть еще шаровые изоляторы между проводами и столбами. Впрочемъ, на всѣхъ послѣдующихъ электрическихъ линіяхъ это условіе выполнено.

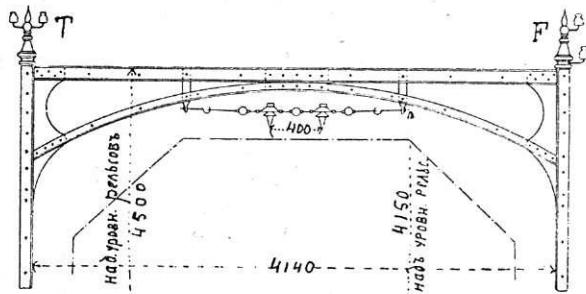
Прикрепленіе контактныхъ проводовъ на віадукѣ и въ туннеляхъ представлено на фиг. 24—25. Здѣсь уже вездѣ имѣется двойная изоляція.

Роль третьяго провода, какъ было сказано,

исполняют путевые рельсы и отчасти зубчатка. Электрическое соединение стыковъ сдѣлано по извѣстному типу Chicago bond. Кроме того, черезъ каждые 200 метровъ, обѣ рельсовыя ленты соединены между собою поперечными мѣдными проволоками.

Замѣна 3-го контактнаго провода рельсами очень мало отразилась въ смыслѣ увеличенія индуктивности линіи.

Происходящая вслѣдствіе этого несимметрич-

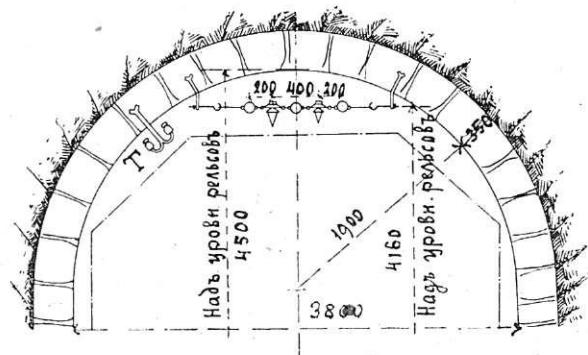


Фиг. 24.

ность фазъ не превосходитъ $5^{\circ}/\circ$ и для двигателей не имѣть ровно никакого значенія. На генераторахъ центральной станціи это обстоятель-

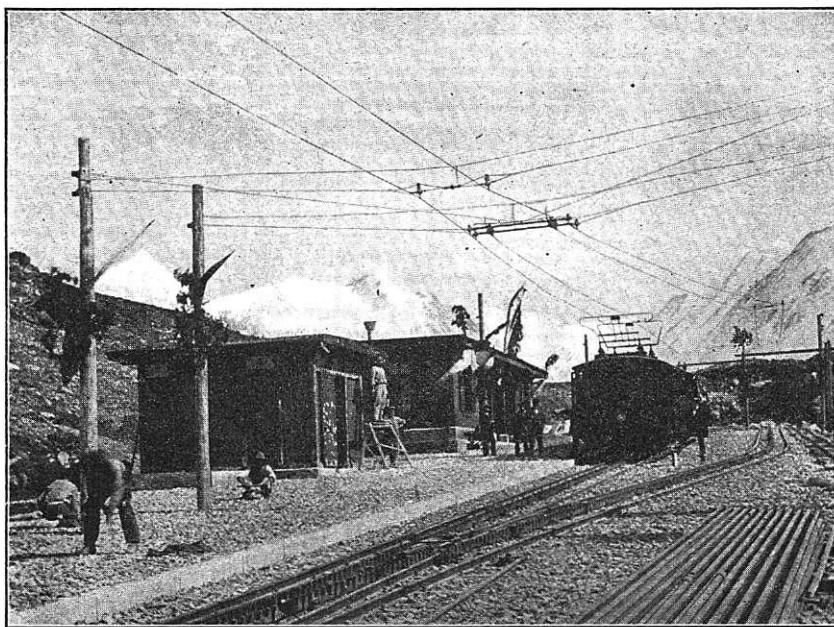
на 8-мъ километрѣ проложены фидеры къ контактнымъ проводамъ въ началѣ и концѣ линіи для уменьшенія паденія напряженія въ этихъ мѣстахъ.

Фидеры эти состоятъ изъ 2-хъ мѣдныхъ горячихъ проводовъ въ 8 мм., подвѣшенныхъ по одну сторону пути на тѣхъ же столбахъ, которые несуть контактные провода.



Фиг. 25.

Соответствующій рядъ столбовъ поэтому сдѣланъ нѣсколько длиннѣе (фиг. 26). На другомъ рядѣ столбовъ на всемъ протяженіи линіи рас-



Фиг. 26.

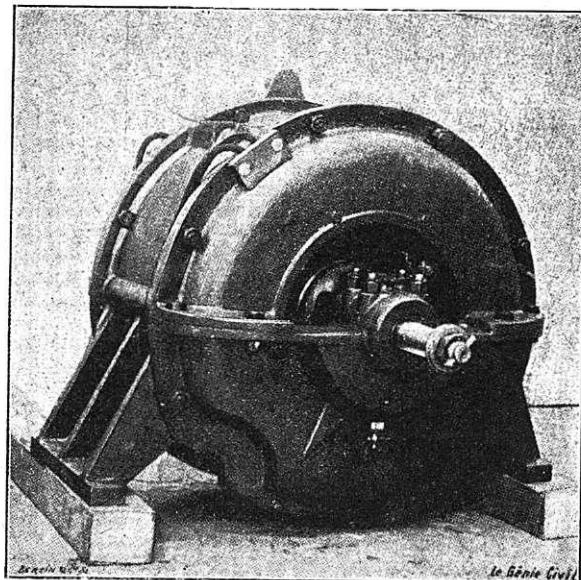
ство также отражается лишь небольшимъ неравенствомъ въ количествѣ амперъ, доставляемыхъ отдельными фазами.

Въ виду того, что линія высокаго напряженія ограничивается протяженіемъ между центральной станціей и трансформаторной подстанціей на 8-мъ километрѣ, отъ вторичныхъ обмотокъ трансформаторовъ, находящихся на центральной станціи и

положены 2 стальныхъ телефонныхъ провода въ 3 мм. съ перекрестнымъ расположениемъ для устраненія дѣйствія индукціи контактныхъ проводовъ.

Въ мѣстахъ пересѣченія контактныхъ проводовъ линіей высокаго напряженія, провода линіи высокаго напряженія окружены предохранительной сѣткой (фиг. 11).

Какъ линія высокаго напряженія, такъ и линія контактныхъ проводовъ снабжены громоотводами. Громоотводы для линіи высокаго напряженія



Фиг. 27.

нія упомянутаго уже типа Сименса съ рожками и расположены на трансформаторныхъ подстанціяхъ. Громоотводы же для линіи контактныхъ

этихъ стрѣлокъ и понынѣ осталась тою же, онѣ были впослѣдствіи нѣсколько разработаны въ деталяхъ и въ настоящее время отличаются чрезвычайной простотой. Поэтому подробное описание ихъ будетъ приведено ниже, при описаніи линіи Гунь-Бургдорфъ.

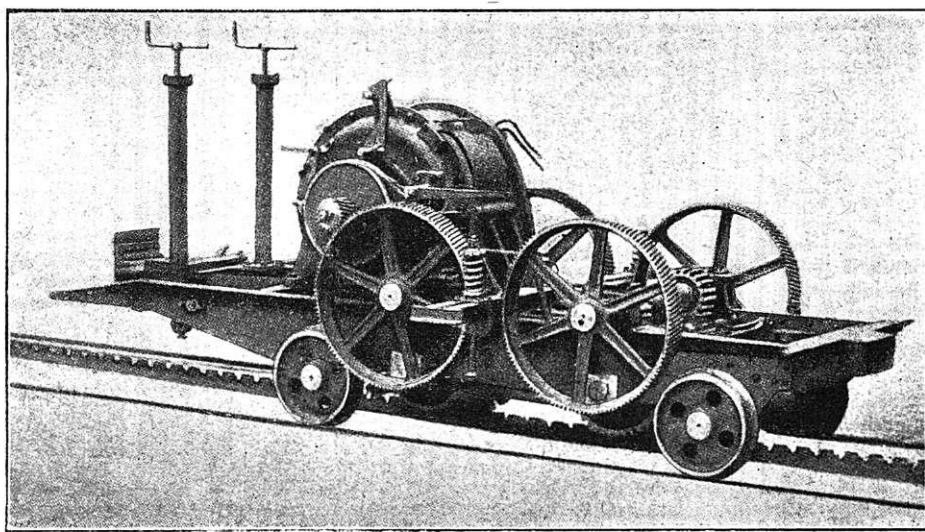
Замѣтимъ также, что первоначально на линіи Церматтъ-Горнергратъ сбираніе тока съ контактныхъ проводовъ предполагалось устроить при помощи троллеевъ съ колесиками, подобно тому, какъ это было сдѣлано на трамваѣ въ Лугано. Но затѣмъ было рѣшено замѣнить троллеи контактными рамами, которая позволили значительно упростить устройство воздушныхъ стрѣлокъ и, кромѣ того, сами по себѣ представляются несравненно болѣе удобными при тягѣ трехфазными токами.

Подвижной составъ.

Перемѣщеніе поѣздовъ совершается электровозами.

Каждый электровозъ, вѣсомъ въ 11 тоннъ, снабженъ двумя трехфазными шестиполюсными двигателями, мощностью каждый въ 90 лош. силъ (фиг. 27).

Двигатели эти расположены на двухосной рамѣ, на которой поконится кузовъ электровоза, и находятся, такимъ образомъ, внутри электровоза. Каждый двигатель при посредствѣ двойной зубчатой передачи съ отношеніемъ передачи 1 : 12 вращаетъ отдельное зубчатое колесо съ двой-



Фиг. 28.

проводовъ системы Вуртца. Они также расположены вблизи подстанцій на столбахъ, несущихъ контактные провода, но, кромѣ того имѣются и въ промежуткахъ.

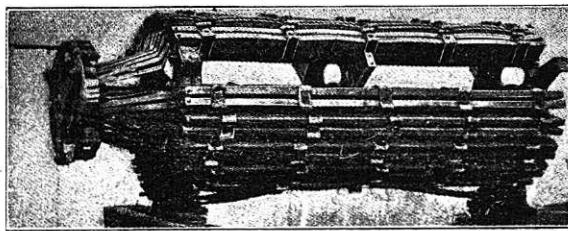
Устройство воздушныхъ стрѣлокъ показано на фиг. 26 и 3.

Замѣтимъ здѣсь, что хотя идея устройства

нимъ рядомъ зубцовъ, которое производить защѣпленіе съ обѣими зубчатыми полосами пути и перемѣщаетъ, такимъ образомъ, электровозъ.

При частотѣ тока въ 40 периодовъ и выключенныхъ изъ обмотокъ роторовъ сопротивленіяхъ двигатели дѣлаютъ около 800 оборотовъ, сообщая электровозу поступательную скорость въ 7 км.

Объ оси, на которыхъ находится рама электропривода, въ виду того, что дорога зубчатая на всемъ оемъ протяженіи, играютъ роль исключительно существъ осей и отъ двигателей совершенно не висятъ. Вся рама электровоза съ двигателями, газомъ и зубчатками покоятся на несущихъ



Фиг. 29.

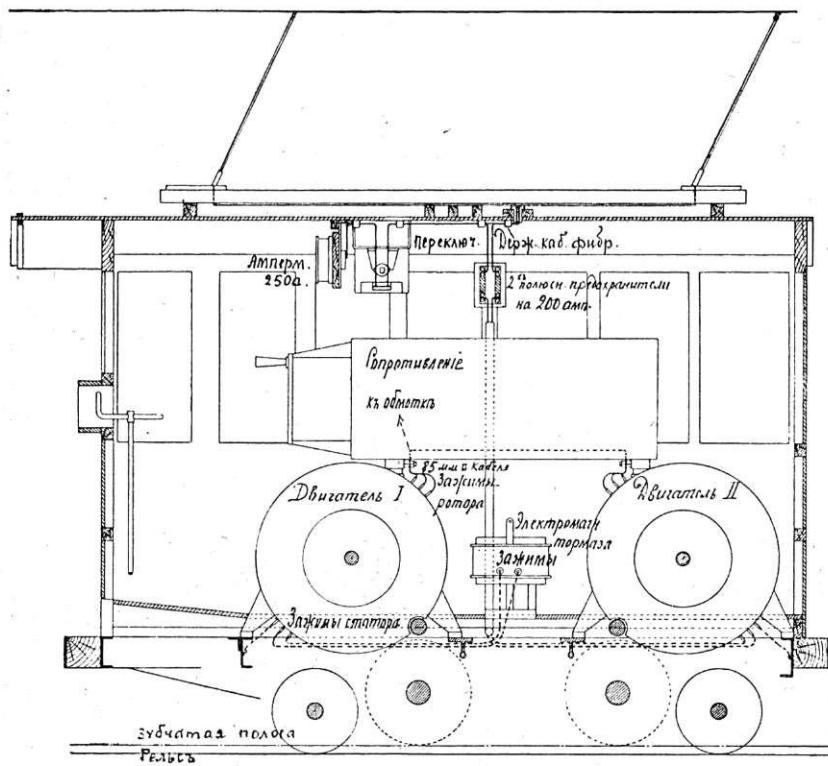
сяхъ при посредствѣ очень жесткихъ рессоръ. Использованія смягчаютъ удары, но вмѣстѣ съ тѣмъ опускаютъ очень малое вертикальное перемѣщеніе, обеспечивая такимъ образомъ всегда правильное зацепленіе съ обѣими зубчатыми положе-

Самый реостатъ состоять изъ 3-хъ группъ сопротивленій, образованныхъ изъ плоскихъ нейзильберовыхъ лентъ, проложенныхъ азбестомъ и расположенныхъ по производящимъ цилиндрической поверхности (фиг. 29). Концы лентъ заканчиваются рядомъ изолированныхъ другъ отъ друга сегментовъ, образующихъ нѣчто въ родѣ коллектора. Къ этимъ сегментамъ, при помощи угольныхъ контактовъ, соприкасаются три свободныхъ конца обмотокъ ротора. Перемѣщая контакты въ ту или другую сторону, можно постепенно включать въ обмотки ротора большее или меньшее количество сопротивленій, а также производить короткое замыканіе этихъ обмотокъ. Такимъ образомъ, производится измѣненіе скорости хода и тяговіе съ мѣста.

Кромѣ реостата на электровозѣ имѣется коммутаторъ, позволяющій переключать обмотки статоровъ двигателей для хода впередъ и назадъ, а также совершенно выключать ихъ изъ линіи.

Затѣмъ имѣется амперметръ, легкоплавкіе предохранители и громоотводъ системы Вурца.

Общее расположение двигателей, реостата, а также проводовъ и всѣхъ приборовъ на электро-



Фиг. 30.

сами. Общій видъ рамы съ однимъ изъ двигателей представленъ на фиг. 28.

На обоихъ двигателяхъ расположены сверху общій реостатъ съ сопротивленіями, включаемыми въ обмотки роторовъ двигателей. Реостатъ заключенъ въ цилиндрической кожухъ изъ тонкаго листового жалѣза съ мелкими отверстіями для циркуляціи воздуха.

воздъ представлена на фиг. 30. Схема же соединеній на фиг. 31.

Управление ходомъ электровоза отличается большой простотой.

Тягованіе съ мѣста совершается очень плавно и легко даже на предѣльныхъ подъемахъ и при расходѣ тока не превышающемъ наибольшій расходъ при ходѣ съ нормальюю скоростью.

При выключенныхъ же изъ обмотокъ ротора сопротивленихъ, скорость движениі остается почти неизмѣнно равной 7 км., движется ли поѣздъ на подъемъ, по площадкѣ или подъ уклонъ. Наибольшія отклоненія скорости не превосходятъ при этомъ 4—5%.

Эта возможность двигаться подъ уклонъ съ нормальною скоростью, безъ участія тормазовъ, составляетъ одно изъ самыхъ замѣчательныхъ свойствъ систеи тяги съ трехфазными двигателями, которое ставитъ эту систему выше всѣхъ другихъ для тяги на горныхъ зубчатыхъ дорогахъ.

Здѣсь же чрезвычайно ярко и наглядно выступаетъ свойство рекуперации энергіи при дви-

тить не можетъ, ибо его дѣйствіе ограничивается уменьшеніемъ количества пара или воды, поступающихъ въ паровую машину или турбину.

Для предупрежденія такихъ внезапныхъ разгрузокъ генераторовъ въ линію высокаго напряженія автоматически включается упомянутый водяной реостатъ, какъ только скорость машинъ на станціи превзойдетъ нѣкоторую предѣльную величину, нѣсколько большую скорости при ходѣ порожнякомъ.

Несмотря, однако, на то, что при ходѣ подъ уклонъ скорость поѣзда автоматически сохраняется весьма близкой къ нормальной, электровозъ снабженъ двумя системами тормазовъ—ленточной и съ колодками.

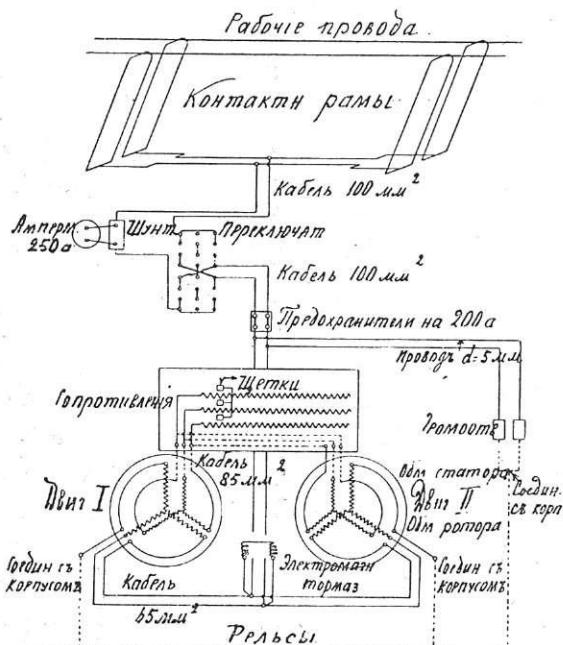
Ленточный тормазъ дѣйствуетъ на особые шкивы, насыженные на валы обоихъ двигателей. Онъ автоматически приводится въ дѣйствіе въ случаѣ внезапнаго прекращенія доступа тока изъ линіи (когда тѣмъ самымъ двигатели дѣлаются свободными), или когда скорость поѣзда по какимъ-либо другимъ ненормальнымъ причинамъ превысить предѣльную допустимую.

Въ первомъ случаѣ отпусканіе собачки, задерживающей дѣйствіе тормаза, производится небольшимъ соленоидомъ съ ныряломъ. Во второмъ — небольшимъ центробѣжнымъ регуляторомъ. Но, кромѣ того, собачка можетъ быть отпущена и тормазъ приведенъ въ дѣйствіе и отъ руки, или при помощи шнура изъ вагоновъ поѣзда. Тормазъ съ колодками дѣйствуетъ на шкивы, насыженные съ обѣихъ сторонъ движущихъ зубчатыхъ колесъ. Этотъ тормазъ приводится въ дѣйствіе въ ручную.

Собирание тока съ контактныхъ проводовъ производится 2-мя контактными рамами, расположеными на крышѣ электровоза по обоимъ концамъ.

Каждая рама состоитъ изъ двухъ изолированныхъ другъ отъ друга отдѣленій, соприкасающихся каждое съ соответствующимъ контактнымъ проводомъ *). Такимъ образомъ, токъ съ каждого провода собирается въ двухъ мѣстахъ, чѣмъ уменьшается количество тока, собираемаго каждой рамой и уменьшается износъ части ея, соприкасающейся съ контактнымъ проводомъ. Эта часть рамы дѣлается съемной и замѣняется по мѣрѣ износа. Кромѣ того, этимъ достигается возможность проходить стрѣлки съ токомъ во всѣхъ

*) Такое устройство контактныхъ рамъ представляется нѣкоторое неудобство въ томъ смыслѣ, что на закругленіяхъ, когда электровозъ принимаетъ наложенное положеніе, давленіе рамы на оба провода не будетъ одинаковое и соприкасаніе одного изъ отдѣленій рамы къ соответствующему проводу можетъ сдѣлаться недостаточно совершеннымъ, вслѣдствіе чего можетъ произойти искрообразованіе. Правда, это неудобство въ значительной степени ослабляется самою эластичностью подвѣски проводовъ, и съ другой стороны на закругленіяхъ возможно до нѣкоторой степени наклонить линію подвѣски самихъ проводовъ. Тѣмъ не менѣе на это обстоятельство пришло обратить вниманіе, и результатомъ дальнѣйшей разработки этого вопроса является замѣна



Фиг. 31.

женіи подъ уклонъ. Возстановляемой при этомъ энергіей можно, при соотвѣтственно составленномъ графикѣ движенія, воспользоваться вполнѣ реальнымъ образомъ для уменьшения той энергіи, которая должна доставляться генераторами центральной станціи поѣздамъ, движущимся въ это время на подъемъ или на площадкѣ.

Въ случаѣ же, если въ это время на линіи нѣтъ другихъ поѣздовъ расходующихъ энергию, энергія, возстановляемая поѣздомъ или поѣздами, движущимися подъ уклонъ, поглощается водянымъ реостатомъ очень простого устройства *), расположеннымъ на центральной станціи.

Это поглощеніе энергіи реостатомъ необходимо, ибо иначе нагрузка генераторовъ сдѣлается отрицательной и скорость ихъ можетъ возрасти до опасныхъ предѣловъ. Регуляторъ этого предовра-

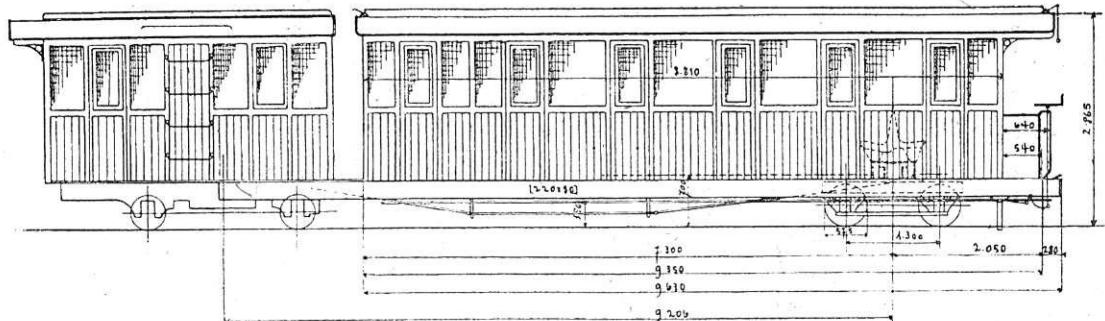
* Три старыхъ рельса, помѣщенныхъ въ канавѣ съ водою.

трехъ фазахъ, чѣмъ устраняется искрообразованіе, неизбѣжное при перерывѣ тока.

Пассажирские вагоны на описываемой линии 2-хъ типовъ, закрытые, въсомъ въ 5,2 тонны на 60 пассажировъ, и открытые, въсомъ въ 4 тонны на 50 пассажировъ (фиг. 32, 33).

34). Весь поездъ съ публикой составляетъ, такимъ образомъ, около 29 тоннъ.

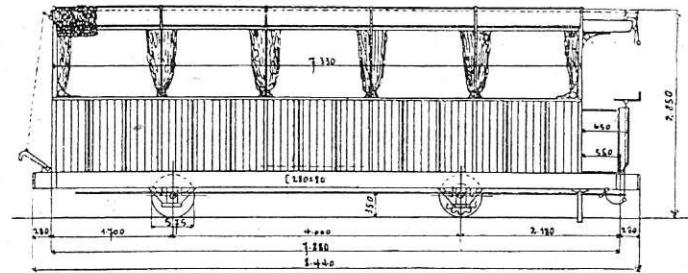
Тяговое усилие, развиваемое обоими двигателями на окружностяхъ обоихъ зубчатыхъ колесъ при движении такого поѣзда на 200⁰/о подъемъ, доходитъ до 6000 кгр.



Фиг. 32.

Закрытый вагонъ имѣетъ оригинальную конструкцію. Одинъ конецъ его кузова покоится на двухосной телѣжкѣ. Другой же конецъ телѣжки не имѣеть. Продольные швеллеры вагона здѣсь

Кромѣ пассажирскихъ, на линіи имѣется нѣ-
сколько товарныхъ открытыхъ вагоновъ для
нуждъ материальной службы. Эти вагоны замѣ-
чательны своимъ малымъ вѣсомъ при весьма



Фиг. 33.

выступаютъ изъ-за кузова и покоятся на особыхъ выступахъ, имѣющихъ съ обѣихъ сторонъ на рамѣ электровоза.

Такимъ образомъ, уменьшается съ одной стороны мертвый вѣсъ вагона, а съ другой увеличивается сцепной вѣсъ электровоза и достигается болѣе надежное зацепленіе его съ зубчаткой.

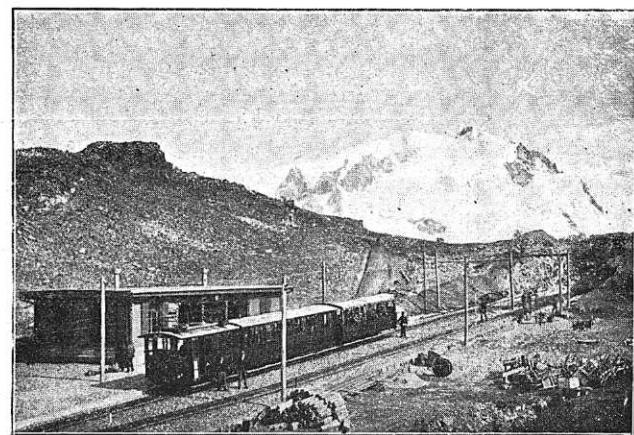
Открытый вагонъ двухосный. Онъ снаженъ тормазомъ съ колодками, дѣйствующимъ на зубчатое колесо, свободно наложенное на одну изъ осей. Крытый же вагонъ, вслѣдствіе неразрывнаго его соединенія съ электровозомъ, отдѣльного тормаза не имѣеть.

Нормальный поездъ состоитъ изъ электровоза, одного крытаго и одного открытаго вагона (фиг.

сложной контактной рамы двумя отдельными независимыми рамами, могущими принимать разное наклонное положение.

Такое устройство (примененное на линии Тунь—Бургдорфъ) имѣетъ еще то преимущество, что массы каждой рамы меньше, и при толчкахъ соприкасаний рамы къ контактному проводу несравненно болѣе совершенны, чѣмъ при старой системѣ, гдѣ моменты инерціи рамы почти вдвое большие.

прочной конструкции. При подъемной силе (netto)



Фиг. 34.

въ 8 тоннъ, тара ихъ равняется всего 2,6 тоннамъ.

Подвижной составъ выстроенъ паровознымъ и

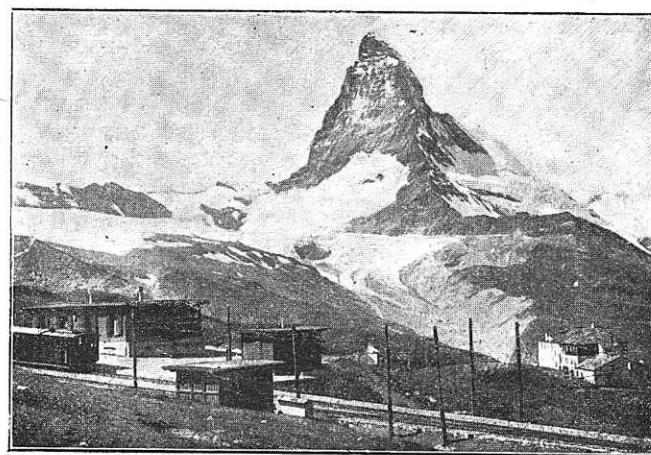
машиностроительнымъ заводомъ въ Винтертурѣ *), принявшимъ дѣятельное участіе въ разработкѣ конструкціи электровозовъ.

Пропускная способность и провозоспособность дороги.

На всемъ протяженіи линіи имѣется 4 станціи — Церматтъ, Риффельальпъ, Риффельбергъ (фиг. 35) и Горнергратъ и разъѣздъ около віа-

сказано выше, могутъ значительно уменьшить эту нагрузку. Каждый поѣздъ въ 29 т., движущійся подъ уклонъ въ 200‰, уменьшаетъ нагрузку генераторовъ, примѣрно, на 100 лош. силъ.

Замѣтимъ въ заключеніе, что стоимость сооруженія всей линіи Церматтъ—Горнергратъ съ электрическимъ оборудованіемъ и подвижнымъ составомъ составляетъ около 1.100000 руб., не включая расходовъ по реализаціи.



Фиг. 35.

дукъ черезъ Финделенбахъ, которая дѣлить линію на 4 перегона, длиною каждый отъ 2 до 2,7 км.

При скорости въ 7 км., пробѣгъ наиболѣе длиннаго перегона Риффельбергъ—Горнергратъ совершается въ теченіе 24—25 минутъ.

Такимъ образомъ, является возможнымъ отправлять въ обоихъ направленіяхъ поѣзда черезъ каждый часъ.

Въ первое время по открытію дороги подвижного состава имѣлось на 3 полныхъ комплекта, состоящей каждый изъ электровоза, одного крытаго и одного открытаго вагона.

При полной утилизаціи этого подвижного состава является возможнымъ въ теченіе 12 часовъ отправить 6 паръ поѣздовъ, т. е. перевезти въ каждомъ направлениіи максимумъ около 600 пасажировъ.

При 4-хъ же комплектахъ является возможнымъ въ теченіе того же времени отправить 9 паръ поѣздовъ.

При этомъ провозоспособность линіи достигаетъ своей максимальной величины.

Не трудно видѣть, что во всѣхъ случаяхъ движенія одновременно на подъемъ, будутъ двигаться не болѣе 2 поѣздовъ.

Нагрузка генераторовъ центральной станціи при этомъ будетъ наибольшая, достигая до 500 лош. силъ, если только въ это время не будетъ исходящихъ поѣздовъ, которые, какъ было уже

*) Schweizerische Lokomotiv—und Maschinen-Fabrik. Winterthur.

Расчет наивыгоднейшего разстояния между трансформаторными подстанциями.

Статья А. Е. Бълого.

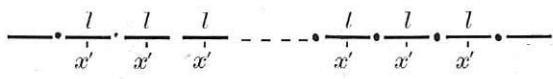
Когда приходится проектировать установку электрической тяги или передачи силы на большое протяжение, то, независимо от того, какой токъ будетъ выбранъ, задача сводится къ устройству двухъ линий—одной высокаго напряженія, по которой энергія, получаемая на центральной станціи, передается на подстанціи, и другой—низкаго напряженія, изъ которой энергія непосредственно поступаетъ въ электрическіе локомотивы той или другой системы. Линія низкаго напряженія соединяется съ источниками энергіи на подстанціяхъ.

При такихъ условіяхъ понятно, что рациональное проектированіе требуетъ строгаго и обдуманнаго выбора % потери въ проводахъ и въ особенности разстоянія между подстанціями. Эти послѣднія могутъ заключать въ себѣ вращающіеся или неподвижные трансформаторы и, соправно съ этимъ, требуютъ или не требуютъ при себѣ прислуги.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи, оставивъ въ сторонѣ вопросъ о выборѣ того или другого тока для первичной и вторичной линій, предположимъ, что % потери въ первичныхъ проводахъ определены по правилу лорда Кельвина, а во вторичныхъ—заданъ сообразно мѣстнымъ условіямъ, и опредѣлимъ наивыгоднейшее разстояніе между подстанціями, принимая во вниманіе ихъ стоимость и стоимость мѣднаго провода (вторичнаго) между ними.

Задача будетъ такова: дана линія въ L метровъ длиною, расходующая постоянно въ тѣхъ или другихъ двигателяхъ Q' киловаттъ. Энергія получается отъ m равноудаленныхъ одна отъ другой подстанцій и передается вдоль линіи по рабочимъ проводамъ. Въ этихъ проводахъ допускается потеря въ $\frac{Q'}{p}$ киловаттъ, такъ что полный расходъ энергіи на подстанціяхъ $Q = Q'(1 + \frac{1}{p})$. Какова должна быть мощность подстанцій?

Предположимъ, что линія въ нѣкоторый моментъ находится въ наивыгоднейшемъ положеніи, т. е. что нагрузка сосредоточена посрединѣ разстоянія между подстанціями, при чмъ считаемъ, что потребленіе энергіи во всѣхъ частяхъ линіи будетъ равнотрное. Схема тогда будетъ такая:



Здѣсь l —разстояніе между подстанціями, x' —энергія въ киловаттахъ, расходуемая посрединѣ разстоянія, $x'/2$ —то-же по концамъ линіи. Мощность каждой подстанціи назовемъ x —въ киловаттахъ.

Стоимость каждой подстанціи можетъ быть выражена въ функции отъ x уравненіемъ вида

$$A = a + bx - cx^2$$

гдѣ A —стоимость каждой подстанціи; a —коэффиціентъ, не зависящій или мало зависящій въ извѣстныхъ предѣлахъ отъ мощности подстанціи; онъ выражаетъ собой стоимость зданія, различныхъ приборовъ на подстанціи, тотъ фиктивный капиталъ, проценты съ котораго равны жалованью прислугѣ и пр.

Этотъ коэффиціентъ a ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть равенъ нулю; b —коэффиціентъ, выражаютій, главнымъ образомъ, стоимость тѣхъ или другихъ машинъ, дающихъ токъ, на единицу мощности; c —коэффиціентъ удешевленія при возрастаніи мощности, вообще говоря, очень малъ, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть принятъ равнымъ нулю.

Численныя значенія этихъ коэффиціентовъ могутъ быть получены изъ сметъ, составленныхъ для подстанцій даннаго типа, но различной мощности.

Число подстанцій будетъ $m = \frac{Q}{x}$; годовой расходъ на нихъ будетъ:

$$\frac{A}{n} \cdot \frac{Q}{x} = \frac{(a + bx - cx^2)}{n} \cdot \frac{Q}{x} = \frac{Q}{n} \left(1 + \frac{1}{p} \right).$$

гдѣ n —отвлеченное число, указывающее какой части всего капитала равняется сумма, назначаемая въ годъ на проценты на капиталъ и на его погашеніе.

Стоимость годичной потери энергіи во вторичныхъ проводахъ, равной по заданію $\frac{Q'}{p}$ киловаттамъ, будетъ

$$\frac{Q'}{p} kf$$

гдѣ k —стоимость 1 киловаттъ-часа, даваемаго подстанціями, въ тѣхъ же денежныхъ единицахъ, какъ и стоимость подстанцій, f —число часовъ работы въ годъ каждой подстанціи.

Такъ какъ нагрузка расположена посрединѣ разстоянія между подстанціями, то количества энергіи, получаемыя ею отъ обѣихъ подстанцій, одинаковы. Если принять во вниманіе еще и потерю въ проводахъ, то имѣмъ, что въ пункѣ нагрузки получается отъ каждой подстанціи $\frac{x}{2} \left(1 + \frac{1}{p} \right)$ киловаттъ.

Предположимъ, что токъ въ цѣпи постоянный и что напряженіе у зажимовъ прѣемника E вольтъ; сила тока въ цѣпи будетъ

$$\frac{x}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{p} \right) \frac{1000}{E} \text{ амперъ.}$$

Потеря въ проводахъ отъ одной подстанціи до мѣста нагрузки, выраженная въ ваттахъ, будетъ

$$1000 \frac{x}{2p} \text{ ваттъ.}$$

Сопротивление двойного провода на томъ же отяжении, равномъ $\frac{2l}{2} = l = L:m = L:Q = \frac{Lx}{Q}$ метровъ, будетъ

$$\frac{\sigma Lx}{Qq} \text{ омъ}$$

гдѣ σ —сопротивление 1 пог. метра мѣдного провода съченіемъ въ 1 кв. мм., q —съченіе провода 1 кв. мм.

Потеря энергіи въ проводахъ поэтому можетъ быть выражена въ зависимости отъ силы тока и сопротивленія проводовъ формулой

$$\left[\frac{x}{2} \left(1 - \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{1000}{E} \right]^2 \cdot \frac{\sigma Lx}{Qq} \text{ ватт.}$$

Приравнивая два выражения для потери въ проводахъ, имѣемъ

$$\frac{x^2}{4} \cdot \left(\frac{p-1}{p} \right)^2 \cdot \frac{1000^2}{E^2} \cdot \frac{\sigma Lx}{Qq} = \frac{1000x}{2p}$$

Откуда получаемъ q въ функции отъ x

$$q = \frac{x^2(p-1)^2 \sigma L 1000}{2p E^2 Q}$$

Объемъ мѣдного провода длиною въ $2L$ метровъ и съченіемъ въ q кв. мм. будетъ

$$2qL$$

Весь его въ килограммахъ

$$\frac{2 \times 8,9 qL}{1000}$$

Стоимость его

$$\frac{2 \cdot 8,9 q L v}{1000}$$

гдѣ v —стоимость килограмма мѣди въ тѣхъ-же единицахъ, какъ и стоимость подстанцій. Представляя въ послѣднюю формулу выражение, полученное нами для q , имѣемъ:

$$\frac{2 \cdot 8,9}{1000} \cdot \frac{x^2(p-1)^2 \cdot \sigma L^2 1000 v}{2p E^2 Q}$$

или, по приведеніи подобныхъ членовъ:

$$\frac{8,9 x^2(p-1)^2 \sigma L^2 v}{p E^2 Q}$$

Годовой расходъ на мѣди будетъ Fx^2 , при чмъ

$$F = \frac{8,9 \cdot (p-1)^2 \sigma L^2 v}{p^2 E Q t} = \frac{8,9(p-1)^2 \sigma L^2 v}{(p+1) E^2 t Q'}$$

гдѣ t —отвлеченное число, указывающее, какой части всего капитала, затраченного на приобрѣтеніе мѣди, равняется сумма, назначенная въ годъ на проценты на капиталъ и его погашеніе.

Величина F выведена нами для постояннаго тока, канализуемаго по двухпроводной системѣ. При пользованіи другимъ токомъ, расходъ на мѣди можно выразить черезъ F , умножая эту величину на тѣхъ-который коэффиціентъ λ , соотвѣтствующій экономіи, даваемой выбраннымъ токомъ. Такъ для трехфазнаго тока при соединеніи звѣздочкой будемъ имѣть вмѣсто F постоянную F''' , при чмъ $\lambda = 0,84$ *)

$$F''' = \lambda F = F \times 0,84 = \frac{0,84 \times 8,9(p-1)^2 \sigma L^2 v}{E^2 (1+p) Q' t}$$

*) См. Роде и Бюске. Многофазные токи. Спб., 1895, стр. 45.

Общій расходъ на подстанціи и мѣдь въ годъ будетъ

$$\frac{(a + bx - cx^2)}{n} \cdot \left(\frac{1+p}{p} \right) \cdot \frac{Q'}{x} + Fx^2 + \frac{Q'}{p} kf = T$$

Дифференцируя по x , имѣемъ:

$$\frac{Q'(1+p)(b - 2cx)x - Q'(1+p)(a + bx - cx^2)}{nx^2} + 2Fx = 0$$

или

$$2Fnp x - cQ'(1+p)x^2 - aQ'(1+p) = 0 \dots (V)$$

Рѣшеніе этого уравненія въ частныхъ случаяхъ съ округленіемъ значенія x до ближайшаго цѣлаго числа, не представляетъ никакихъ затрудненій.

Имѣя x , можемъ получить число подстанцій m изъ формулы

$$m = \frac{Q}{x} = \frac{Q'(1+p)}{px} = \frac{Q'}{x'}$$

и разстояніе между подстанціями по формулѣ

$$L = \frac{L}{m}$$

Замѣтимъ, что при подстановкѣ численныхъ значеній въ уравненіе (V) коэффиціентъ при x^2 оказывается очень малымъ (или даже равенъ нулю, при $c = 0$).

Тогда

$$x = \sqrt[3]{\frac{aQ'(1+p)}{2\lambda Fnp}} = \sqrt[3]{\frac{at}{\lambda 17,8 np v} \left[\frac{(p+1)EQ'}{(p-1)L} \right]^2}$$

гдѣ λ —коэффиціентъ экономичности по отношенію къ постоянному току.

Предлагаемая формула (V), вслѣдствіе сдѣланнаго при ея выводѣ допущеній, не можетъ, конечно, дать абсолютно точнаго значенія для x . Полученное изъ нея число должно быть подвергнуто строгой критикѣ и, въ случаѣ надобности, измѣненіемъ. Главныя соображенія при этомъ будутъ слѣдующія:

1) *Проверка правильности выбора p .* Этой величиной мы задались, не зная еще, каково будетъ разстояніе между подстанціями или съченіе рабочихъ проводовъ. Поэтому, получивъ эти данные изъ формулы (V), необходимо проверить, не слишкомъ-ли отличается принятое для p значеніе отъ наивыгоднѣшаго. Это послѣднее можетъ быть опредѣлено по формулѣ лорда Кельвина слѣдующимъ образомъ. Какъ извѣстно, плотность тока δ можетъ быть выражена формулой

$$\delta = \sqrt{\frac{na}{pt}}, \text{ гдѣ}$$

n —постоянная канализаціи, a —% на стоимость канализаціи и ся погашеніе, p —цѣна ваттъ-часа, t —время въ часахъ, въ теченіе котораго токъ проходитъ черезъ проводники въ продолженіи года.

Изъ этой формулы видно, что величина δ можетъ быть опредѣлена легко, разъ мы имѣемъ x .

Предположимъ по-прежнему, что передаваемый токъ постоянный и имѣть напряженіе E вольтъ у зажимовъ двигателя. Тогда при пере-

дачъ одного гектоватта двигателю, сила тока въ цѣпи будетъ

$$i = \frac{100}{E} = \delta q$$

откуда q —съченіе провода $= \frac{100}{E\delta}$.

Примѣнимъ послѣднее выраженіе къ случаю подстанціи, питающей двѣ нагрузки, удаленные отъ подстанціи въ ту и въ другую сторону на $\frac{1}{2}$ метровъ каждая. Потеря энергіи въ проводахъ на каждый гектоваттъ, дѣйствительно переданный нагрузкѣ будетъ

$$P = i^2 w = \left(\frac{100}{E}\right)^2 \cdot \left(\delta: \frac{100}{E\delta}\right) = \frac{100\delta^2}{E} \text{ ватт.}$$

Такъ какъ мы приняли, что передается одинъ гектоваттъ, то численное значеніе P будетъ равно проценту потери энергіи въ проводахъ. Но

$$P = \frac{100}{P} = \frac{E}{\delta^2}$$

Для того, чтобы при наивыгоднѣйшемъ значеніи i значеніе P также было наивыгоднѣйшимъ, необходимо, чтобы значеніе P , получаемое изъ послѣдней формулы, мало отличалось отъ того, которымъ мы задались. Эта формула выведена для постоянного тока; для другихъ въ нее надо ввести коэффиціентъ экономичности.

2) *Повѣрка съченія проводника по конструктивнымъ условіямъ.* Проводники тока низкаго напряженія въ то-же самое время—рабочіе. Поэтому съченія ихъ должно быть таково, чтобы обеспечить надежный контактъ троллею. Если изъ формулы (V) получимъ съченіе проводника, для этой цѣли недостаточное, то можно или увеличить P , т. е. уменьшить $\%$ потери во вторичныхъ проводахъ, или понизить качество мѣди для вторичныхъ проводовъ (если, конечно, это будетъ экономично). Можетъ быть окажется даже выгоднымъ пользоваться составнымъ проводомъ, т. е. состоящимъ изъ двухъ частей: одной, проводящей токъ—высокой проводимости, и другой контактной—низкой проводимости. Вопросъ этотъ можетъ быть решенъ только при знакомствѣ съ мѣстными условіями.

3) *Повѣрка мощноти трансформатора.* При выводѣ формулы (V) мы скрыто допустили, что при расходѣ Q' киловаттъ на линіи работаютъ всѣ трансформаторы. Для того, чтобы это условіе отвѣчало дѣйствительности, необходимо, чтобы единичныя нагрузки, передвигающіяся вдоль линіи, равнялись x' при передвиженіи ихъ въ одну сторону или $\frac{x'}{2}$ —при передвиженіи въ обѣ стороны. Другими словами, мощноть трансформатора должна быть вдвое больше мощноти двигателя при движеніи въ обѣ стороны и равнялась бы ей при движеніи, происходящемъ въ одну сторону. Все это при томъ условіи, что трансформаторы не перегружены и что единичныя нагрузки распределены равномѣрно вдоль всей линіи. Итакъ, если окажется, что $x' = \frac{px}{(p+1)}$ зна-

чительно отличается отъ величины единичной нагрузкіи, то изъ этого слѣдуетъ, что величина нагрузкіи, выбранной нами, не отвѣчаетъ условіямъ экономичности и должна быть измѣнена. Такимъ образомъ, формула (V) опредѣляетъ и наивыгоднѣйшую величину нагрузкіи.

4) *Повѣрка правильности нагрузкіи линіи.* При нагрузкѣ линіи мы приняли, что вся энергія, расходуемая въ двигателяхъ, раздѣлена на столько же равныхъ частей, сколько имѣется трансформаторовъ. Хотя при этомъ расположениіи линія находится въ хорошемъ положеніи, благодаря тому, что во всякой данный моментъ работаютъ всѣ трансформаторы приблизительно одинаково, тѣмъ не менѣе на практикѣ подобный случай примѣнимъ для трамваевъ, но не для желѣзныхъ дорогъ. Поэтому можетъ оказаться необходимымъ допустить перегрузку трансформаторовъ, при чёмъ не всѣ пролеты окажутся занятими подвижными нагрузкіями, а лишь нѣкоторые. Въ такихъ случаяхъ придется провѣрить мощноть трансформаторовъ, нагружая линію наивыгоднѣйшимъ образомъ для трансформаторовъ. Примѣромъ различныхъ способовъ нагрузкіи можетъ служить расчетъ разстоянія между трансформаторами, сдѣланный инженерами Графтю и гр. Шулленбургомъ для проекта электрической тяги на желѣзной дорогѣ Варшава-Калишъ. Ими разбираются слѣдующіе случаи: *двупутный участокъ*: а) скрещеніе двухъ товарныхъ поѣздовъ, идущихъ на подъемъ въ $6^0/00$ по серединѣ пролета; б) скрещеніе двухъ товарныхъ поѣздовъ, идущихъ на подъемъ въ $6^0/00$ въ непосредственной близости трансформатора; *однопутный участокъ*: а) случай скрещенія двухъ товарныхъ поѣздовъ на станціи, лежащей посерединѣ пролета между трансформаторами, исключается обязательной установкой трансформатора на каждой станціи; б) случай, когда на подъемъ въ $6^0/00$ идетъ товарный поѣздъ вблизи трансформатора.

Съ цѣлью пояснить изложенную теорію на примѣрѣ, возьмемъ слѣдующій случай.

Вдоль каналовъ, общимъ протяженіемъ въ 168 километровъ, проложена линія изъ трехъ проводовъ, несущихъ трехфазный токъ напряженіемъ въ 18000 вольтъ. Черезъ промежутки, которые надо опредѣлить, въ эту линію включены трансформаторы мощнотью въ x киловаттъ, преобразующіе токъ высокаго напряженія въ токъ въ 630 вольтъ (также трехфазный). Вторичные за jakiны трансформаторовъ соединены съ цѣпью низкаго напряженія, также изъ трехъ проводовъ, идущихъ вдоль всей линіи каналовъ. Изъ этихъ проводовъ токъ поступаетъ въ электродвигатели туэръ, движущихся вдоль каналовъ въ одну сторону на возможно равномъ разстояніи одинъ отъ другого. Мощность каждого туэра прибли-

*) Пояснительная записка къ проекту оборудования Варшаво-Калишской желѣзной дороги для электрической тяги, генерального штаба полковника Тизенгаузена. СПБ. 1899 г. (См. Труды Перваго Всероссійскаго Электротехническаго Съезда. Т. IV, стр. 73).

зительно 12 киловатт. Въ обратную сторону тузэра буксируются по другой линії каналовъ, параллельной первой, такъ что скрепеній тузэровъ не происходит. Энергія, получаемая всѣми тузэрами отъ подстанції— $Q=1290$ киловатт. Стоимость трансформаторовъ мощностью отъ 10 до 100 киловатт, по прейскуранту Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, можетъ быть съ достаточной точностью выражена формулой: A (въ маркахъ) = $565 + 57,7x - 0,1066x^2$. Формула эта не заключаетъ въ себѣ стоимости необходимыхъ принадлежностей, трансформаторной будки и пр., чего мы не вводимъ въ виду фиктивности пріема; для настъ достаточно того, что $a > 0$.

Примемъ $n=10$, $p=20$, $b=0,02$, $v=2,5$ марки, $t=15$. Тогда для трехфазного тока

$$F''' = \frac{0,84 \times 8,9 \times 19^2 \times 0,02 \times 168000^2 \times 2,5}{20 \times 600^2 \times 1290 \times 15} = 28,158$$

Подставляя эти величины въ уравненіе (V), имѣемъ:

$$1126x^3 = 271x^2 = 1530585$$

откуда $x = \text{окр. } 11$ киловатт.

Число трансформаторовъ будетъ

$$m = \frac{1290}{11} \left(\frac{21}{20} \right) = \text{окр. } 124$$

Разстояніе между трансформаторами.

$$l = \frac{168000}{124} = \infty 1355 \text{ метровъ.}$$

Произведя повѣрки, увидимъ, что полученные цифры могутъ быть приняты, при чёмъ, можетъ быть, придется только уменьшить процентъ потери въ проводахъ, такъ какъ съченіе ихъ при $p=20$ можетъ получиться слишкомъ малымъ для того, чтобы обеспечить надежный контактъ троллею.

Телефонированіе на далекія разстоянія.

Статья проф. М. Плюзена.

Передача электрической энергіи по металлическимъ проводамъ становится волнообразной, какъ только разстояніе между передатчикомъ и пріемникомъ дѣлается настолько большимъ, что допускаетъ образование электрическихъ волнъ. Подобного рода передача существуетъ поэтому при телеграфированіи и телефонированіи на далекія разстоянія; но она практически исключена въ обычныхъ другихъ случаяхъ передачи электрической энергіи, гдѣ разстоянія въ настоящее время являются еще очень ограниченными. Обстоятельства, сопутствующія волнообразной передачѣ электрической энергіи, кореннымъ образомъ отличаются отъ тѣхъ, при которыхъ происходитъ обычная электрическая передача. Въ послѣднемъ случаѣ, энергія, исходящая изъ передатчика, идетъ почти цѣликомъ на то, чтобы вызвать извѣстныя реакціи въ пріемникѣ; реакціи же, происходящія при этомъ въ самой передаточной линії, играютъ лишь второстепенную роль. Этотъ случай аналогиченъ передачѣ движущей силы отъ поршня паровой машины къ соединенному съ машиной двигателю помошью короткаго, негибкаго вала; здѣсь не играютъ существенной роли ни упругія измѣненія

вала, ни сопротивленія, вызываемыя внутреннимъ сцепленіемъ его частицъ и т. п. Но когда разстояніе между паровой машиной и соединеннымъ съ ней механизмомъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и длина передаточнаго вала достигаетъ извѣстной величины, послѣдній перестаетъ быть вполнѣ негибкимъ. Поэтому энергія поршня паровой машины сперва накапляется въ валу, а затѣмъ уже передается имъ движущему механизму. Она появляется частью въ формѣ кинетической энергіи движущейся массы вала, частью въ формѣ потенціальной, скрытой въ его упругихъ деформаціяхъ. Между передачей энергіи отъ поршня къ валу и отъ послѣдняго къ механизму наступаетъ поэтому сдвигъ фазъ. Процессъ передачи состоится теперь въ послѣдовательныхъ превращеніяхъ кинетической энергіи вала въ потенціальную и наоборотъ. Эти превращенія распространяются вдоль вала и мы называемъ такую передачу волнообразной, желая однімъ словомъ выразить, что прогрессирующее вдоль вала движеніе носитъ періодический характеръ. Аналогичные условия появляются, когда электрическая энергія, исходящая изъ источника періодически измѣняющейся электродвижущей силы, передается чрезъ длинные провода. Въ такомъ случаѣ передача перестаетъ быть прямой; электрическая энергія источника сперва накапляется въ средѣ, окружающей проводъ, а затѣмъ, отъ послѣдней, переносится на пріемникъ. Въ окружающей средѣ она существуетъ частью въ формѣ магнитной энергіи, въ полѣ магнитного потока, частью въ формѣ электрической, въ полѣ электрическаго потока. Процессъ распространенія энергіи состоится въ прогрессивномъ превращеніи первой во вторую и обратно. Въ томъ же случаѣ, когда передатчикъ посыпаетъ періодическую электродвижущую силу, распространеніе вдоль линіи совершается въ видѣ электрическихъ волнъ. Слово „волнъ“ служить здѣсь лишь выраженіемъ того, что энергія, накапленная въ окружающей линію средѣ, распространена въ ней не равномѣрно, а періодически. Точно также періодически мѣняются и сила тока и разность потенціаловъ. Въ тѣхъ точкахъ, гдѣ магнитная энергія имѣетъ свои максимумы, токъ сильнѣе всего; точно также, потенціалы выше всего въ точкахъ максимумовъ электрической энергіи.

Разсмотримъ теперь разстояніе между двумя послѣдующими точками минимума силы тока или потенціала. Это разстояніе представляетъ собою длину полуволны. Предположимъ, что линія сообщается синусоидальная, перемѣнная электродвижущая сила, съ частотой боо періодовъ въ секунду; если мы найдемъ, что длина волны равна 18 милямъ, то скорость распространенія волны окажется равной 10800 милямъ: величина, значительно уступающая скорости распространенія свѣта въ пустотѣ. Этотъ численный примѣръ можетъ показаться невѣроятнымъ, такъ какъ мы привыкли слышать, что электрическія волны распространяются со скоростью свѣтовыхъ. Но не слѣдуетъ забывать, что послѣднее вѣрно лишь при опредѣленныхъ условіяхъ. Скорость же распространенія электрическихъ волнъ той частоты, какая обычна въ телефонированіи по длиннымъ проводамъ, является величиной не постоянной и можетъ чрезвычайно отличаться отъ скорости свѣта, такъ какъ въ каждомъ случаѣ опредѣляется сопротивленіемъ, самоиндукціей и емкостью линіи. Чѣмъ менѣе скорость распространенія волны, тѣмъ, конечно, при одной и той же частотѣ, менѣе ея длина. Послѣдняя играть важную роль въ нашихъ изслѣдованіяхъ. Мы разсматриваемъ ее, какъ одну изъ характеристическихъ постоянныхъ волнообразного распространенія, и намъ кажется, что вообще изслѣдователи распространенія длинныхъ электрическихъ волнъ обращали на нее слишкомъ мало вниманія.

Другая постоянная, которая, вмѣстѣ съ длиной волны, вполнѣ опредѣляетъ волнообразное распространеніе электричества,—это коэффиціентъ ослабленія (attenuation constant). Чтобы выяснить его фи-

зическое значение, разсмотрим въ какой-нибудь моментъ двѣ послѣдовательные полуволны, изъ которыхъ болѣе близкая къ передатчику пустъ будеъ *A*, другая—*B*. Энергія, накопленная въ средѣ, окружающей *A*, болѣе, чѣмъ энергія вокругъ *B*. Поэтому энергія, при своемъ переходѣ отъ передатчика къ приемнику, постепенно разсѣивается, и амплитуды какъ силы тока, такъ и разности потенциаловъ ослабѣваются вдоль линіи. Если *U* означаетъ величину амплитуды у того конца проводника, где находится передатчикъ, *U₂*—на разстояніи отъ него *s*, то, если линія предполагается безконечно длинной, мы имѣемъ

$$\frac{U_2}{U} = e^{-\beta s},$$

гдѣ *e*—основаніе неперовскихъ логарифмовъ, β и представляетъ собой коэффиціентъ ослабленія. Величина β выражается извѣстной формулой

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \rho C \{ \sqrt{p^2 L^2 + R^2} - pL \}},$$

гдѣ *p* означаетъ частоту тока, *C*, *L* и *R*—емкость, самоиндукцію и сопротивленіе проводника на единицу его длины. Между физиками существуетъ значительное разногласіе на счетъ дѣйствительного значения этого коэффиціента и причины ослабленія тока. Обыкновенно предполагается, что емкость линіи, дѣйствующа подобно шунту, является причиной неправильностей, наблюдавшихъся при передачѣ электрическихъ волнъ. Это объясненіе далеко не полно. Дѣйствительно, тотъ фактъ, что проводникъ обладаетъ самоиндукціей и емкостью, показываетъ лишь, что окружающая его среда обладаетъ способностью накапливать въ себѣ энергию; но изъ этого еще никоимъ образомъ не вытекаетъ, что энергія, распространяясь вдоль по проводнику, должна разсѣиваться; а если емкость не можетъ причинять потерю энергіи, то какимъ образомъ можетъ она вызвать ослабленіе силы тока? Разсѣяніе энергіи вызывается несовершенной проводимостью проволоки, и ею лишь одной. Емкость и самоиндукція лишь регулируютъ, но не вызываютъ разсѣяніе. Посмотримъ теперь, какъ происходитъ это регулированіе. Разсѣяніе передаваемой энергіи происходитъ въ то время, когда она является накопленной въ окружающей средѣ въ формѣ энергіи магнитнаго потока; если среда, окружающая элементъ *ds* проводника, заключаетъ въ себѣ количества *dw* магнитной энергіи, то сила тока *x* въ этомъ элементѣ опредѣляется формулой

$$dw = \frac{1}{2} Lx^2 ds.$$

Разсѣяніе же энергіи *dH* въ этомъ элементѣ выражается:

$$dH = Rx^2 ds.$$

Предположимъ теперь, что мы, какимъ-нибудь образомъ, увеличили самоиндукцію *L* въ n^2 разъ, тогда въ элементѣ *ds* то-же самое количество энергіи *dw* будетъ накоплено помошью тока въ *n* разъ болѣе слабаго, чѣмъ раньше, такъ какъ

$$\frac{1}{2} Lx^2 ds = \frac{1}{2} n^2 L (x/n)^2 ds.$$

Но разсѣяніе энергіи *dH₁* будетъ теперь въ n^2 разъ меньше, чѣмъ прежде, такъ какъ

$$dH_1 = R (x/n)^2 ds = dH/n^2.$$

Отсюда слѣдуетъ, что при передачѣ даннаго количества энергіи по проводящей проволокѣ, разсѣяніе ея будетъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ болѣе самоиндукція проволоки, такъ какъ при большей самоиндукціи требуются менѣе сильные токи, для передачи одного и того-же количества энергіи, менѣе же сильные токи вызываютъ и меньшія омическія потери энергіи. Такимъ образомъ, повышеніе самоиндукціи вліяетъ на передачу энергіи такъ же, какъ и повышеніе проводимости.

Но съ повышеніемъ самоиндукціи связано еще другое, чрезвычайно важное преимущество. Приведенная выше формула для β показываетъ, что величина ослабленія зависитъ отъ частоты тока, возрастая вмѣстѣ съ нею. Поэтому при телефонной передачѣ, гдѣ въ линію посыпаются сложныя гармоническія волны, обертоны ослабляются въ гораздо большей степени, чѣмъ основные, низкіе тоны. Отсюда и проистекаетъ искаженіе рѣчи, наблюдавшееся при телефонированіи на далекія разстоянія. Высокая самоиндукція линіи устраняетъ это неудобство, такъ какъ выраженіе для β сводится въ такомъ случаѣ къ

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

т. е. освобождается отъ множителя *p*. Другими словами, токи различной частоты ослабляются въ одинаковой степени, чѣмъ устраняется искаженіе рѣчи.

О. Хивесайдъ, въ Англіи, глубокимъ изслѣдованіемъ котораго мы болѣе всего обязаны нашей математической теоріей волнообразного распространенія электричества, первый предложилъ и горячо защищалъ примѣненіе проводниковъ съ высокой самоиндукціей. Однако, его предложеніе не встрѣтило достаточнаго вниманія. Мнѣ кажется, что изложенная выше физическая точка зреія на ослабленіе тока должна содѣйствовать выясненію теоріи Хивесайда о проводникахъ съ высокой самоиндукціей.

Но предложеніе Хивесайда заключаетъ въ себѣ серьезное затрудненіе, которое не можетъ быть разрѣшено его математической теоріей. Затрудненіе это слѣдующее: какъ слѣдуетъ построить волновой проводникъ съ высокой самоиндукціей? Въ обыкновенныхъ проводникахъ самоиндукція можетъ быть поднята до желаемой высоты помошью реактивныхъ катушекъ соотвѣтствующихъ размѣровъ. Но употребленіе катушекъ исключено въ нашемъ случаѣ, такъ какъ онѣ вызывали бы отраженіе электрическихъ волнъ. Были сдѣланы попытки вводить въ телефонную линію цѣлый рядъ послѣдовательныхъ катушекъ, на определенномъ разстояніи другъ отъ друга; но и эти попытки не увенчались успѣхомъ. Мы вернемся къ этому пункту еще дальше, въ связи съ описаніемъ опытныхъ изслѣдованій. Здѣсь достаточно будетъ замѣтить, что всѣ попытки увеличить самоиндукцію волнового проводника помошью ряда катушекъ потерпѣли неудачу вслѣдствіе отсутствія математической теоріи, которая могла бы указать способъ избѣгнуть отраженія электрическихъ волнъ отъ этихъ катушекъ. Другія же произведенія до сихъ поръ попытки увеличить самоиндукцію волновыхъ проводниковъ также не привели ни къ какимъ положительнымъ результатамъ.

Авторъ настоящей статьи представилъ 22 марта 1899 г. Американскому Институту инженеровъ-электриковъ свою математическую теорію волнообразного распространенія электричества вдоль по проводникамъ. Главныя положенія этой теоріи очень просты и могутъ быть пояснены простой механической аналогіей, изображенной на фиг. 36. Ручка камертонна *C* укрѣплена неподвижно; къ одному изъ его концовъ прикрѣпленъ гибкій, но нерастяжимый шнурокъ *BD*, другой конецъ котораго укрѣпленъ въ *D*. Приведемъ камертонъ въ продолжительное колебаніе, помошью электромагнита или инымъ путемъ. Шнурокъ приходитъ въ волнообразное движеніе. Если сопротивленіе тренія незначительно, то волны получаютъ почти видъ фиг. 37. Прямые волны, идущія отъ камертонна, и волны, отраженные отъ *D*, имѣютъ почти одинаковыя амплитуды и потому, интерферируя другъ съ другомъ, образуютъ почти стоячія волны. Но если сопротивленіе тренія достаточно велико, то часть распространяющейся волновой энергіи разсѣивается. Прямые и отраженные волны не обладаютъ больше одинаковыми амплитудами и ихъ интерферированіе не приводитъ къ стоячимъ волнамъ. Ослабленіе волнъ изображенено графически на фиг. 38. Опытъ по-

казываетъ, что, при неизмѣнности остальныхъ условій, ослабленіе волны тѣмъ менѣе, чѣмъ большие плотность шнуря, такъ какъ большая масса требуетъ менѣйшей скорости для накопленія данного количества кинетической энергіи, менѣшая же скорость связана и съ менѣшней потерей энергіи, вслѣдствіе тренія. Вмѣстѣ съ тѣмъ повышение плотности уменьшаетъ длину волны.

Предположимъ теперь, что, для того, чтобы увеличить колеблющуюся массу, мы подвѣшиваемъ къ шнурку, въ его срединѣ, какой-нибудь грузъ, напр., восковой шарикъ. Этотъ грузъ вызываетъ частичное отраженіе волны, и менѣшая часть энергіи, чѣмъ прежде, достигаетъ точки *D*. Другими словами, полезное дѣйствіе передачи теперь оказывается менѣе, чѣмъ было до укрѣпленія груза. Раздѣлимъ восковой шарикъ на три равныя части и размѣстимъ ихъ вдоль шнуря на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга. Полезное дѣйствіе передачи будетъ теперь лучше, чѣмъ когда вся масса воска была сосредоточена въ одной точкѣ. При послѣдующихъ раздѣленіяхъ массы воска передача волнообразнаго движения все улучшается; но скоро достигается моментъ, когда дальнѣйшее дѣленіе влечетъ за собой лишь незамѣтное улучшеніе. Этотъ моментъ достигнутъ, когда отягченный шнурокъ колеблется почти такъ же, какъ и однородный шнурокъ одной съ нимъ массы и одного напряженія и тренія. Подобный отягченный шнурокъ изображенъ на фиг. 39.

Для того, чтобы подобное отягченіе шнурка повлекло за собой улучшеніе полезнаго дѣйствія передачи, грузъ долженъ быть, очевидно, раздѣленъ и распределенъ вдоль шнурка такъ, чтобы потери, вызываемыя отраженіемъ волнъ отъ грузовъ, съ избыткомъ компенсировались приращеніемъ энергіи вслѣдствіе увеличенія всей колеблющейся массы.

Вычисление разстояній, на которыхъ должны быть расположены рассматриваемые грузы, представляется собой вполнѣ опредѣленную задачу аналитической механики, задачу, которая, къ сожалѣнію, еще не разрѣшена. Фиг. 40 представляетъ собой шнуръ, на которомъ грузы расположены надлежащимъ образомъ. Опыты съ такимъ шнуромъ приводятъ къ заключенію, что разстояніе между двумя сосѣдними грузами должно быть во всякомъ случаѣ многимъ менѣе, чѣмъ длина полуволны, которая будетъ передаваться вдоль по шнуру. Такимъ образомъ шнуръ, отягченный надлежащимъ порядкомъ для передачи волнъ данной длины, не годится для передачи болѣе короткихъ. Невозможно отягчить шнуръ отдельными грузами такъ, чтобы онъ являлся какъ бы однороднымъ для волнъ всякой длины; но шнурокъ, удовлетворяющій требованіямъ передачи данныхъ волнъ, передаетъ хорошо и всѣ волны большей длины. Слѣдуетъ при этомъ имѣть въ виду, что здѣсь принимается въ расчетъ длина тѣхъ волнъ, которая вызываются

колебаніями данной частоты въ шнурѣ неотягченномъ и однородномъ, обладающимъ той же массой, емкостью и сопротивленіемъ тренія, что и разматриваемый отягченный шнурокъ. Этотъ пунктъ имѣетъ существенное значеніе, такъ какъ, вообще говоря, волны, соотвѣтствующія опредѣленной частотѣ колебанія, короче въ отягченномъ шнурѣ, чѣмъ въ неотягченномъ.

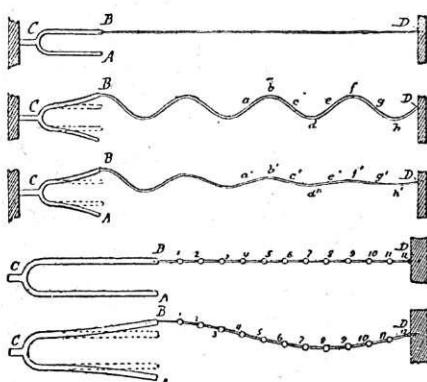
Шнуръ этого рода можетъ служить механической аналогіей электрическихъ волновыхъ проводниковъ. Математический законъ, слѣдя которому колеблется шнурокъ, тотъ же, что и законъ, управляющій распределеніемъ тока по волновому проводнику. Причина такого сходства очень проста. Мы имѣемъ въ обоихъ случаяхъ вполнѣ аналогичную реакцію: съ одной стороны, въ шнуркѣ,—кинетическую энергию или реакцію массы, реакцію натяженія и реакцію тренія; съ другой стороны, въ волновомъ электрическомъ проводнике,—самоиндукцію, емкость и омическое сопротивленіе. Математическая форма этихъ реакцій одна и та же въ обоихъ случаяхъ, откуда и вытекаетъ ихъ взаимная аналогія.

Включение реактивныхъ катушекъ въ правильно расположенныхъ точкахъ волнового проводника производить на передачу электрическихъ волнъ то же дѣйствіе, что и расположение небольшихъ грузовъ вдоль шнурка (фиг. 39) на передачу механическихъ волнъ. Во второй части этой работы мы дадимъ математическую теорію распространенія волнъ по неоднороднымъ проводникамъ. Главный предметъ этой теоріи—найти отвѣтъ на вопросъ: при какихъ условіяхъ рассматриваемые неоднородные проводники становятся равнозначающими соотвѣтственнымъ имъ однороднымъ проводникамъ? Наша теорія отвѣчаетъ на этотъ вопросъ вполнѣ опредѣленнымъ образомъ. Для болѣе удобной формулировки мы вводимъ технический терминъ „углового разстоянія“. Обозначимъ чрезъ l разстояніе между двумя послѣдовательными индукціонными точками, т. е. точками, въ которыхъ введены въ линію реактивные катушки; λ пусть будетъ длина передаваемой волны. Тогда уголъ $\varphi =$

$$= \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$$

представляетъ собой „угловое разстояніе“ между двумя индукціонными точками; уголъ 2π соответствуетъ длине волны. Законъ, опредѣляющій степень эквивалентности неоднороднаго проводника съ отвѣщающимъ ему однороднымъ, можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ: первый тѣмъ больше приближается ко второму, чѣмъ ближе $\sin \varphi_2$ къ φ_2 .

Очевидно, что величина φ обратно пропорціональна длине волны, такъ что, для данного разстоянія между двумя послѣдовательными индукціонными точками, степень эквивалентности неоднороднаго проводника однородному уменьшается вмѣстѣ съ длиной волны. Если неоднородный проводникъ служить для передачи сложныхъ гармоническихъ волнъ, какъ то бываетъ въ телефонной передачѣ, то дѣйствіе его различно для различныхъ составныхъ волнъ одной и той же сложной волны. Но если неоднородный проводникъ является въ достаточной степени эквивалентнымъ однородному для передачи самаго высокаго обертона, то онъ тѣмъ совершеннѣй передаетъ и всѣ болѣе низкіе тоны. Численный примѣръ выяснитъ намъ этотъ пунктъ. Обратимъ, однако, еще разъ вниманіе на то, что мы называемъ „эквивалентностью между неоднороднымъ проводникомъ и соотвѣщающимъ ему однороднымъ“. Все, что мы можемъ сказать о волнѣ данной частоты, это,—каковы ея длина и коэффиціентъ ослабленія. Поэтому, если волна данной частоты представляеть одинаковый коэффиціентъ ослабленія и одинаковую длину при распространеніи какъ по неоднородному проводнику, такъ и по соотвѣщающему однородному, то мы говоримъ, что оба проводника эквивалентны другъ другу. Если эти величины отличаются другъ отъ друга, напр., на 3%, то мы говоримъ, что недо-



Фиг. 36—40.

статокъ ихъ взаимной эквивалентности составляетъ 3%.

Разсмотримъ теперь слѣдующій численный примеръ. Двойной проводъ, какіе употребляются въ телефоніи, имѣть въ длину 250 миль. Его постоянные представляютъ слѣдующіе размѣры на каждую милю:

$$\begin{aligned} \text{самоиндукція} &= 0, \\ \text{сопротивленіе} &= 9 \text{ омъ}, \\ \text{емкость} &= 0,074 \text{ микрофарады}. \end{aligned}$$

Нью-Йоркское Телефонное Общество принимаетъ для такихъ проводовъ максимальную длину въ 39 миль. Въ телефоніи на далекія разстоянія этотъ предѣлъ повышенъ—до 78 миль. Числа, полученные нами экспериментальнымъ путемъ, подтверждаютъ эти данные: на разстояніи 100 миль телефонированіе по такому проводу очень несовершенно и на практикѣ не можетъ быть осуществлено; на разстояніи 125 миль—онѣ совсѣмъ невозможны. Коэффиціентъ ослабленія β дается въ этомъ случаѣ формулой

$$\beta = R \sqrt{\frac{C}{2L}}$$

Предположимъ, что требуется сдѣлать $\beta = 0,015$. Допустимъ, далѣе, что включение реактивныхъ катушекъ въ линію увеличиваетъ сопротивленіе послѣдней на 9 омъ на милю, такъ что $R = 18$ омъ. Этимъ величинамъ R и C отвѣтствуетъ $L = 0,056$ генри. Ослабленіе тока, на разстояніи 250 миль, будетъ въ такомъ

случаѣ равно $e = \frac{250 \beta}{50} = \text{ок. } \frac{1}{50}$; т. е. лишь 2% тока,

поступающаго изъ передатчика въ линію, достигнутъ приемника. Это вполнѣ достаточно для телефонной передачи, но слѣдуетъ замѣтить, что увеличеніемъ L можетъ быть достигнутъ лучшій коэффиціентъ полезнаго дѣйствія передачи. Теперь требуется найти длину волны, представляющей наибольшую частоту колебаній, встрѣчающуюся въ телефоніи, при употребленіи однороднаго проводника, обладающаго $L = 0,056$ генри, $R = 18$ омъ и $C = 0,074$ микрофарады. Изъ опыта телефонной передачи известно, что 750 периодовъ представляютъ собой самое высокое число колебаній въ телефоніи. Наши опыты подтверждаютъ это. Длина волны такой частоты въ однородномъ проводнике съ указанными постоянными вычисляется въ

$$\lambda = \frac{2\mu}{p \sqrt{2LC}} = 14,6 \text{ миль.}$$

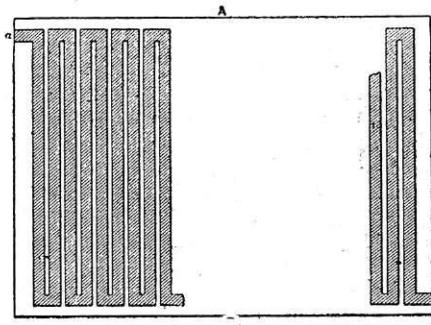
Предположимъ теперь, что вдоль линіи, на разстояніи каждой мили мы помѣщаемъ реактивные катушки, съ сопротивленіемъ 9 омъ и самоиндукціей 0,056 генри. Угловое разстояніе индукціонныхъ точекъ такого проводника, при частотѣ 750, равно $2\pi/14,6$. Степень эквивалентности этого неоднороднаго проводника съ соотвѣтствующимъ ему однороднымъ измѣряется отношеніемъ $\sin(\pi/14,6)$ къ $\pi/14,6$. Но обѣ послѣднія величины отличаются другъ отъ друга менѣе, чѣмъ на 1%; поэтому, при частотѣ тока въ 750 периодовъ въ секунду, длина волны и коэффиціентъ ослабленія при передачѣ волнъ по разматриваемому неоднородному проводнику будутъ отличаться менѣе, чѣмъ на 1% отъ длины волны и коэффиціента ослабленія при употребленіи соотвѣтствующаго однороднаго проводника. Подобная разница не можетъ быть обнаружена экспериментально; равнымъ образомъ, она не чувствительна и для слуха при телефонной передачѣ. Для токовъ съ меньшими числами периодовъ эта разница становится еще менѣе. Поэтому такой неоднородный проводникъ является при передачѣ телефонныхъ волнъ какъ бы однороднымъ и нисколько не искажаетъ рѣчи.

При употребленіи подводного кабеля, напримѣръ,

въ 2000 миль длины, коэффиціентъ ослабленія β долженъ быть выбранъ гораздо менѣе, чѣмъ въ только что разобранномъ случаѣ, для того, чтобы ослабленіе тока не было черезчуръ сильно. Съ другой стороны, емкость подводного кабеля приблизительно въ четыре раза больши емкости описанной телефонной проволоки. Оба эти обстоятельства заставляютъ также сильно увеличить самоиндукцію линіи. Но высокая самоиндукція и большая емкость значительно уменьшаютъ длину волны. Увеличивая, напримѣръ, для кабеля самоиндукцію въ 6 разъ въ сравненіи съ предыдущимъ случаемъ, мы получаемъ, при частотѣ 750, длину волны лишь въ 2,43 мили; разстояніе между двумя соседними катушками должно быть поэтому также уменьшено въ 6 разъ. Вообще говоря, распределеніе реактивныхъ катушекъ вдоль линіи зависитъ каждый разъ отъ обстоятельствъ данного случая; но во всѣхъ случаяхъ данное выше правило является необходимымъ и достаточнымъ.

Это правило во второй части настоящаго труда подкѣпляется математической теоріей передачи электрической энергіи по волновымъ проводамъ. Здѣсь же мы покажемъ, какъ эта теорія подтверждается опытомъ.

Для экспериментальныхъ изслѣдований былъ составленъ т. наз. искусственный проводъ, обладающій указанными выше постоянными. Проводъ заключалъ въ себѣ 250 секцій, одна изъ которыхъ изображена на фиг. 41. Такая секція состоитъ изъ листа парофинированной бумаги A ; на каждой сторонѣ ея наклесна полоса станіоля ab . Сопротивленіе этой по-

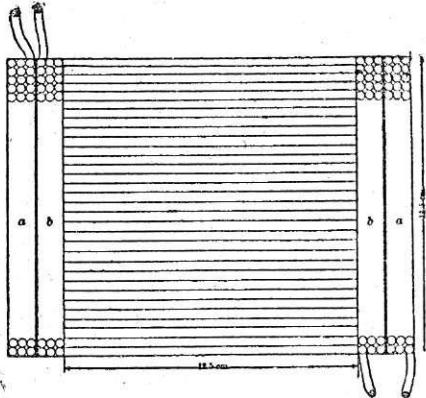


Фиг. 41.

лосы равно около 9,5 омъ. Емкость образованаго объемами полосами конденсатора равна около 0,077 микрофарады; 250 соединенныхъ между собой послѣдовательно секцій замѣняютъ собою проводъ въ 250 миль длины, съ сопротивленіемъ 9 омъ и емкостью въ 0,073 микрофарады на милю. Что это дѣйствительно такъ, было проѣблено и опытнымъ путемъ. Секціи могутъ быть соединены между собой послѣдовательно помошью особыхъ выключателей, одинъ изъ которыхъ изображенъ на фиг. 43. Въ деревянной доскѣ AB продѣланы, на правильномъ разстояніи другъ отъ друга, ряды отверстій, чрезъ которые проходятъ болты c , съ діаметромъ меньшимъ, чѣмъ просвѣтъ отверстій. Эбонитовые кружки a и b предохраняютъ болты отъ соприкосновенія съ деревомъ. Къ болтамъ укрѣплены латунныя пластинки d , d , которые могутъ быть коротко соединены между собой помошью штепселя e . Проволоки f , f соединяютъ латунные щитки съ концами секцій искусственного провода, проволоки g , g —съ зажимами катушекъ. Когда какой-нибудь штепсель удаленъ изъ выключателя, соотвѣтственная подраздѣленія провода соединены между собой чрезъ индукціонную катушку, когда же штепсель соединяется латунныя пластины, послѣднія образуютъ между соѣдненіемъ секцій.

*¹) μ —общая длина провода—равна здѣсь 500 милямъ.

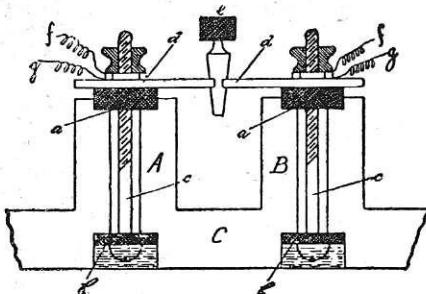
циами короткое замыкание и токъ проходитъ, оставляя въ сторонѣ катушку. Въ первомъ случаѣ мы имѣемъ неоднородный, въ второмъ—однородный катиль. Реактивная катушка изображена на фиг. 42. Обѣ обмотки катушки, въ 580 витковъ каждая, отдѣлены другъ отъ друга листомъ картона въ $\frac{1}{64}$ дюйма толщины. Готовая катушка кипятится въ



Фиг. 42.

воскѣ при температурѣ 138° , для полнаго удаленія влажности и достиженія хорошей изоляціи. Средняя самоиндукція каждой обмотки равна 0,030 генри, ихъ взаимная индукція—0,028 генри. Такимъ образомъ, въ линіи каждая катушка представляетъ самоиндукцію въ 0,058 генри.

Секціи соединены между собой въ пять группъ по 50; каждая группа заключена въ отдѣльный ящикъ,

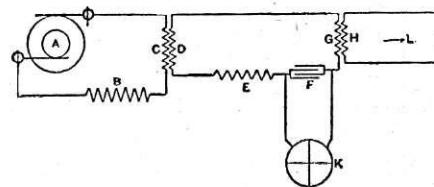


Фиг. 43.

который представляетъ, такимъ образомъ, 50 миль провода. Изоляція одной секціи равна была около 30 мегомъ.

Чтобы опредѣлить длину волны и коэффициентъ ослабленія, нужно было сообщить проводу простую періодическую электродвижущую силу. Это было достигнуто слѣдующимъ образомъ. Небольшой 30-полюсный альтернаторъ вращался съ нормальной скоростью 2400 оборотовъ въ минуту. Онъ давалъ сложную гармоническую электродвижущую силу, въ которой третья и пятая гармоническая были довольно сильны. Частота основнаго періода была, при нормальной скорости, 600 въ секунду. Высшія гармоническія были исключены помошью особаго трансформатора, изображеннаго схематически на фиг. 44. А—представляетъ здѣсь альтернаторъ, замкнутый чрезъ катушку С. Вторичная цѣпь DEF_G заключаетъ въ себѣ конденсаторъ F и катушку E. Регулируя емкость конденсатора F и самоиндукцію катушки E, можно довести до минимума кажущееся сопротивленіе вторичной цѣпи для основной электродвижущей силы.

Въ такомъ случаѣ основной токъ становится во вторичной цѣпи преобладающимъ, и въ третичной цѣпи H, сообщающейся съ линіей, наводится почти чистая синусоидальная электродвижущая сила. Это было проверено, вычерчивая экспериментальную кривую электродвижущей силы третичной цѣпи. Точки резонанса находили, соединяя зажимы конденсатора F съ вольтметромъ K и подыскивая наибольшее поднятіе потенциала. При опытахъ постоянно



Фиг. 44.

наблюдались показанія этого вольтметра. Измѣненія въ нихъ указывали на измѣненіе скорости альтернатора и наведенной электродвижущей силы; поэтому каждый разъ опытъ простоянавливался, пока стрѣлка вольтметра не возвращалась въ прежнее положеніе.

Совпаденіе между вычисленными и экспериментально найденными величинами для длины волны было чрезвычайно удовлетворительно, если принять во вниманіе нѣкоторое различіе въ секціяхъ провода. Слѣдующая таблица даетъ найденные результаты:

частота тока.	λ найденное.	λ вычисленное.
625	17	17,3
600	18,2	18,7
450	24	24,1
260	41,4	41,7
245	44	44,4
230	48	48,2

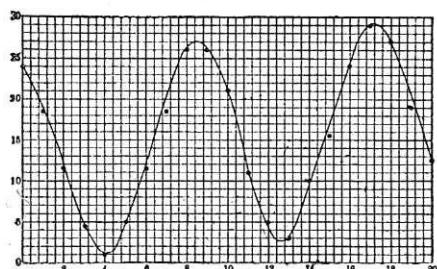
При частотѣ 600 періодовъ въ секунду неоднородный проводъ имѣть 18 катушекъ на длину волны. При меньшемъ чиелѣ періодовъ число катушекъ на длину волны увеличивается и проводъ еще больше приближается къ соответствующему однородному. Но уже и для тока частоты 600 это приближеніе настолько велико, что различіе не можетъ быть обнаружено опытомъ. Такимъ образомъ, измѣреніе длины волны вполнѣ подтверждаетъ теорію.

Для опредѣлія длины волны въ цѣпи безъ катушекъ, въ выключатели поочереди вводили штепсель e, затѣмъ между парой пластинокъ d вводился шунтъ съ гальванометромъ, по удаленіи штепселя отмѣчалось отклоненіе гальванометра. Для частоты тока 600 длина волны была этимъ путемъ найдена въ 126 (вычисленіе даетъ 125). Такимъ образомъ, включеніе катушекъ уменьшаетъ скорость распространенія и длину волны въ семь разъ.

Теперь возникаетъ вопросъ: какая степень точности можетъ быть признана за подобными опредѣлѣніями величины λ ? Выраженіе λ представляетъ разность двухъ почти равныхъ между собой величинъ. Эта разность очень близка къ предѣлу ошибокъ наблюдений, такъ какъ послѣдній въ данномъ случаѣ довольно высокъ. Прежде всего, станіолевыя обкладки не обладаютъ на всемъ протяженіи одинаковой толщиной, а потому и сопротивленія отдѣльныхъ секцій не вполнѣ одинаковы. Затѣмъ, при изготавленіи секцій, парафинъ покрываетъ ихъ слоемъ не одинаковой толщины, что влечетъ за собой неравномерное распределеніе емкости. Поэтому скорость распространенія волнъ не одинакова въ различныхъ секціяхъ провода и можетъ варьировать до 20%. Точно также мѣняется въ различныхъ точкахъ провода и длина волны. Это видно ясно на фиг. 11 и 12. Такъ, на фиг. 11 первая четверть волны имѣть длину 4 мил., вторая—4,5. Подобная же измѣненія видны

и на фиг. 46. Очевидно, поэтому, что описанный методъ не даетъ вполнѣ точныхъ результатовъ при определеніи коэффициента ослабленія. Лучшіе результаты могутъ быть достигнуты, когда измѣрению подвергается не длина одной полу-волны, а всѣ волны въ проводѣ; въ такомъ случаѣ средняя величина изъ всѣхъ найденныхъ представляется значительно большую точность.

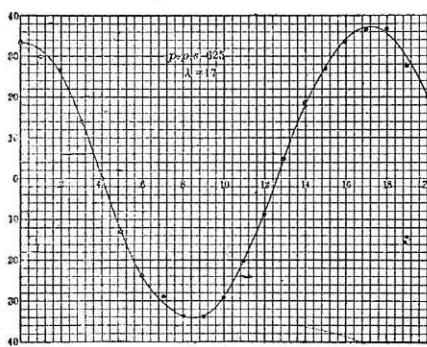
Хотя кривыя фиг. 45 и 46 и не позволяютъ съ точностью вычислить величину β , тѣмъ не менѣе онъ



Фиг. 45.

представляютъ значительный интересъ. Во-первыхъ, онъ показываютъ, что проводъ, хотя и обладаетъ большими сопротивленіемъ, имѣеть, однако, не большой коэффициентъ ослабленія. Это особенно хорошо видно на фиг. 46, которая изображаетъ среднюю кривую квадратовъ токовъ у различныхъ катушекъ. Измѣрения производились при помощи электродинамометра, включенного вмѣсто штепселя e . Эта кривая сильно приближается къ формѣ стоячей волны, что указываетъ на незначительную величину ослабленія тока. Во-вторыхъ, правильность этой кривой показываетъ, что нашъ неоднородный проводъ проводить токъ частоты 625 вполнѣ какъ однородный. Доказать это и составляло главную задачу настоящихъ изслѣдований.

Остается показать, что въ томъ случаѣ, когда расположение катушекъ по линии не отвѣчаетъ установленному выше правилу, появляются сильныя внутреннія отраженія, которыхъ понижаютъ полезное дѣйствіе передачи. Для этого реактивныя катушки были соединены въ группы по десяти; на разстояніи каждыхъ десяти миль въ линію вводилась одна та-

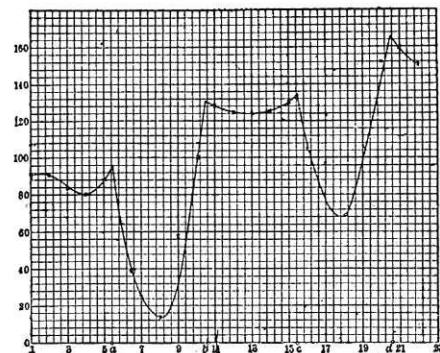


Фиг. 46.

кая группа, такъ что общая самоиндукція провода оставалась та-же, что и раньше. Въ сѣти провода дѣйствовала синусоидальная электродвижущая сила въ 260 періодовъ въ секунду. Въ вышеописанномъ, почти однородномъ, проводѣ эта частота давала волны длиной въ 41,4 мили. Степень эквивалентности нашего нового провода съ соответствующимъ ему однороднымъ, имѣеть поэтому тѣ же размѣры, какъ и эквивалентность между $\sin \frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4}$; т. е. оба провода значительно отличаются другъ отъ друга.

Кривая силы тока въ этомъ проводѣ фиг. 47, была получена такимъ же образомъ, какъ и выше, для фиг. 45 и 46. Точки a , b , c и d на оси абсциссъ указываютъ положеніе реактивныхъ катушекъ. Отраженія волнъ отъ послѣднихъ чрезвычайно ясно видны на фиг. 47, являясь въ видѣ острыхъ изгибовъ кривой, которые вполнѣ совпадаютъ съ индукціонными точками. Быстрое поднятіе точекъ минимума указываетъ на значительное ослабленіе волны. Чтобы сравнить послѣднее съ ослабленіемъ, которое получается, когда катушки расположены черезъ каждую милю слѣдуетъ только, на основаніи кривой фиг. 47, вычертить среднюю кривую квадратовъ силы тока, и сравнить ее съ кривой фиг. 46. Если, затѣмъ, провести прямую чрезъ двѣ точки минимума, то окажется, что наклонъ этой прямой гораздо сильнѣй, чѣмъ въ кривой фиг. 46, т. е. что ослабленіе гораздо значительнѣй. При томъ, кривая фиг. 47 получена при употребленіи тока частоты 260 періодовъ въ секунду; ослабленіе было бы поэтому еще сильнѣй, если бы пользоваться, какъ при полученіи фиг. 46, токомъ частоты 600 періодовъ.

Эти экспериментальные изслѣдованія не оставляютъ сомнѣній въ правильности заключеній, которыхъ выводятся изъ нашей теоріи телефонированія по



Фиг. 47.

неоднороднымъ проводамъ. Изслѣдованія надъ настоящими телефонными проводами, произведенныя при содѣйствіи Нью-Йоркскаго Телефоннаго общества, окончательно подтвердили наши заключенія. Телефонное сообщеніе по описанному способу совершилось прекрасно по всей линіи. Какъ полнота, такъ и членораздѣльность передаваемыхъ звуковъ не оставляли желать ничего лучшаго. Когда же реактивныя катушки были удалены и проводъ становился однороднымъ, то передача, удовлетворительная лишь на разстояніяхъ не свыше 50 миль, становилась несовершенной на разстояніи 75 миль и невозможной на разстояніяхъ свыше 112 миль. Несовершенство передачи выражается при этомъ какъ въ потерѣ полноты, такъ и членораздѣльности звуковъ.

Дѣйствіе внутренніхъ отраженій волнъ отъ неправильнѣ расположенныхъ катушекъ при телефонированіи сказывается еще яснѣй, чѣмъ при графическомъ изображеніи, какъ по фиг. 47. Для такихъ опытовъ телефонной передачи служило то же расположение катушекъ, что и для вычерчиванія фиг. 47. На разстояніи 100 миль телефонная передача оказалась невозможной, но основной, самыи низкій тонъ голоса передавался довольно сильно и звучалъ подобно заглушеннымъ ударамъ большаго барабана. Тогда было испробовано другое расположение катушекъ: группами по пять чрезъ каждыя пять миль. Передача стала возможна, но съ большимъ трудомъ и хуже, чѣмъ совсѣмъ безъ катушекъ. Когда же на конецъ катушки были расположены вдоль линіи по одной на каждую милю, какъ требуетъ того матема-

тическая теория, голосъ говорящаго звучалъ въ телефонѣ такъ хорошо, какъ если бы онъ стоялъ прямо предъ слушателемъ. Передача была даже тогда, когда говорящій стоялъ отъ аппарата на разстояніи 20 футовъ и болыше.

Индукціонныя катушки, которыми я пользовался въ описанныхъ отчетахъ, были безъ желѣзныхъ сердечниковъ. Катушки съ сердечникомъ должны быть построены для этой цѣли вполнѣ определеннымъ образомъ. Такія катушки понадобятся для подводныхъ и подземныхъ телефонныхъ кабелей, въ виду ихъ значительно меньшаго объема на единицу самоиндукціи. Для воздушныхъ же телефонныхъ линій катушки безъ сердечниковъ въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ предпочтительнѣй.

(N. I. E. R.).

Сравнительная стоимость работы паровой машины, водяной турбины и газовой машины.

(Докладъ Джона Кершау въ Британской Ассоціаціи).

Въ настоящее время вопросъ объ экономическомъ полученіи силы представляеть чрезвычайную важность. Паровая машина, которая не имѣла до сихъ поръ соперниковъ, какъ наиболѣе экономической производитель силы, должна выдерживать сильную борьбу съ водяной турбиной и газовой машиной. Въ теченіе послѣдніхъ 10 лѣтъ примѣненіе гидравлической силы получило широкое развитіе, на что указываютъ такія установки какъ въ Верхней Савойѣ во Франціи, въ Рейнфельденѣ, въ Германіи и при Нагарскомъ водопадѣ въ Америкѣ. Мощность, получаемая при помощи падающей воды, въ настоящее время составляеть въ міровой технікѣ величину, которой нельзя пренебречь и которая, по вычисленіямъ автора, составляетъ отъ 23600 до 35000 лошад. силъ. Съ другой стороны и задача экономического полученія силы съ помощью большихъ газовыхъ машинъ, быстро двинулась впередъ послѣ примѣненія къ нимъ газовъ, выдѣляющихся изъ доменныхъ печей. Въ Серэнѣ, въ Бельгіи, газовая машина, идущія на доменныхъ газахъ, служатъ для приведенія въ дѣйствіе воздуходувныхъ машинъ. Итакъ, въ настоящее время всѣ три способа полученія силы можно считать практическими. Вопросъ состоить только въ томъ, какой изъ нихъ наиболѣе экономиченъ.

Безъ сомнѣнія, въ большинствѣ случаевъ рѣшеніе этого вопроса зависитъ чисто отъ мѣстныхъ причинъ. Близость большого водопада или угольной копи, очевидно, само собой приводитъ къ выбору наиболѣе экономичнаго двигателя. Однако весьма часто случается, особенно когда уже выборъ мѣста не зависитъ отъ инженера, что рѣшеніе подобной задачи представляеть несравненно большее затрудненіе. Относительно этого предмета существуетъ огромное количество данныхъ, выводы изъ которыхъ потребовали бы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ не производительной и большой затраты времени. Поэтому авторъ счѣлъ не бесполезнымъ собрать по возможности всѣ данные, опубликованныя по этому вопросу и сдѣлать изъ нихъ выводы, которые и приведены ниже.

I. Паровая машина.

Всѣ данные взяты авторомъ изъ текущей литературы и при томъ указанныя въ нихъ наименѣнія цифры, приведены къ цѣнѣ одной индикаторной силы въ годъ, при чмѣ число часовъ работы за это время принято равнымъ 8760. Полученные результаты представлены въ двухъ нижеприводимыхъ таблицахъ—I

и II-ой. При перечисленіи данныхъ приняты во вниманіе слѣдующія обстоятельства: отношеніе между цѣнами индикаторной и дѣйствительной силы принято равнымъ 75:100. Коефиціентъ полезнаго дѣйствія двигателя, вмѣстѣ съ соединенной съ нимъ машиной, принять равнымъ 85%. Такъ какъ въ двухъ случаяхъ не были приняты въ расчетъ проценты на капиталъ и амортизациі, то авторъ, вводя поправки, принялъ ихъ равными 40% текущихъ расходовъ. Тамъ, где это позволяли данные, было принято во вниманіе то обстоятельство, что амортизационный процентъ остается постояннымъ независимо отъ того, продолжается ли работа 10 часовъ или 24 часа въ сутки. При сравненіи всѣхъ имѣющихся данныхъ прежде всего бросаются въ глаза ихъ удивительное разнообразіе. Тотъ фактъ, что цѣна работы паровой машины высока въ Швейцаріи, где совершенно нѣтъ мѣстнаго угля не представляеть изъ себѣ ничего удивительного. Но когда мы видимъ, что стоимость работы пары все-таки ниже въ Швейцаріи, чмѣ въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ южнаго Ланкашира, где въ углѣ нѣтъ недостатка, то этотъ фактъ невольно обращаетъ на себя вниманіе.

Данныя, приводимыя Даусономъ, относительно наименшей практической цѣны рабочей силы пара въ Соединенныхъ Штатахъ и Раворсомъ—относительно центральныхъ станций Южнаго Ланкашира, работающихъ перегрѣтымъ паромъ,—приведены детально ниже. Большая разница, замѣчаемая между ихъ данными и данными таблицы, указывается на ту экономію, которую можно получить, ведя разумно дѣло.

Дѣйствительная цѣна работы пары за одну индикаторную силу—годъ (8760 рабочихъ часовъ).

Мѣсто.	Цѣна ¹⁾		Замѣчанія.
	Руб.	К.	
Америка	36	5	Низшія цифры изъ всѣхъ данныхъ.
Великобританія .	37	—	Машины въ 375 л. силъ, уголь 2 р. 5 к. тонна, бумагопрядильня.
Великобританія .	47	5	Среднее изъ десяти большихъ фабрикъ.
Канада (Монреаль).	50	55	Центральная станція электрическаго городского трамвая.
Америка	61	3	Машины въ 1100 л. силъ, уголь 3 р. 52 к. тонна.
Америка	63	2	Машины въ 1950 л. силъ, уголь 4 р. 53 к. тонна.
Великобританія (Ливерпуль)	63	2	Центральная станція надземной дороги.
Америка	79	50	Фабрика шерстяныхъ тканей.
Швейцарія	90	—	Низшая мѣстная цѣна работы паровыхъ машинъ.
Великобр. (Южный Ланкаширь)	128	51	Фабрика химическихъ продуктовъ.
Великобр. (Булверичъ)	262	51	Цѣна на распределительной доскѣ на фабрикѣ электрическихъ кабелей.

Вычисленная цѣна работы пары за индикаторную силу—годъ (8760 раб. часовъ).

Авторы.	Цѣна.		Замѣчанія.
	Руб.	К.	
Раворсъ	37	—	Перегрѣтый паръ, уголь 3 р. 50 к. тонна.
Кершау	39	—	Уголь 3 р. 50 к. тонна.
Кеннеди	67	50	Уголь 1 р. 53 к. тонна.
Вебберъ	88	52	Уголь 8 р. тонна.
Эмери	94	56	Уголь 6 р. 3 к. тонна.

¹⁾ Фунтъ стерлинговъ принять равнымъ 10 руб.

Данныя Даусона относительно наименьшей достижимой на практике цѣны работы паровой машины, полученная на основании наименьших цѣнъ каждой статьи расхода, достигнутыхъ на всѣхъ вообще электрическихъ станціяхъ въ Соединенныхъ Штатахъ.

За киловатт—годъ
(8760 раб. час.).

Руб. Коп.

Топливо	30	54
Плата и жалованье	10	55
Масло, потеря, помѣщеніе	1	54
Починки	—	55

Всего 44 18

Данныя Раворса относительно цѣны работы пара, при сильно перегрѣтомъ парѣ и подходящихъ машинахъ, выведенная изъ наблюденія надъ станціей въ 50.000 л. силъ. Уголь 3 р. 50 к. тонна.

Руб. Коп.

Уголь 4 тонны по 3 р. 50 коп.	14	—
Потеря на дурной уголь и растопку кот- ловъ 25%	3	50
Работа и жалованье	5	—
Поправки и помѣщеніе	3	53

Итого всѣ издержки по работѣ 26 3

Руб. Коп.

Проценты, 5%	6	—
Погашеніе капитала, 4%	4	53

Итого, постоянные издержки 10 53

Цѣна инд. лош. силы въ годъ (8760 раб.
час.). 36 56

II Водяная сила.

Слѣдующія таблицы составлены на основаніи двадцати данныхъ, находившихся въ распоряженіи автора.

Табл. III. Капиталъ, затраченный на гидравлическія устройства.

Мѣстность.	Мощ- ность. Пар. лош.	Затрачен- ный капи- талъ. Руб.	Затрачен- ный капи- талъ на одну лош. силу. Руб. Коп.	Авторъ.
Валорбъ . . .	3000	104000	34 53	Лундъ.
Верх. Савойя .	9500	364000	42 54*	Жанэ.
Массена . . .	75000	3.818000	50 55	—
Верх. Савойя .	7000	280000	70 00*	Жанэ.
Италия . . .	Данные имѣются.	120 00	Биньями.	
Рейнфельденъ .	16000	2.250000	140 52*	—
Франція . . .	1000	240000	240 00	Минэ.
Верх. Савойя .	300	90000	300 00*	Жанэ.
Цюрихъ . . .	25300	7.600000	300 04	—
Канада	6000	—	300 05	Юльбэнкъ.
Интерлакенъ .	?	?	340 00	Голль.
Ліонъ	11900	10.000000	840 00	До.

* Сюда не входитъ цѣна динамо.

Табл. IV. Цѣна водяной силы за дѣйств. силу—годъ въ 8,760 раб. час.

Мѣстности.	Цѣна и расходы. Руб. К.	Замѣчанія.
Норвегія	10 00	Среднее изъ дѣйств. расходовъ небольшихъ центр. станцій.
Канада	12 53	Вычисленная цѣна при станціи въ 23000 л. силъ.
Шотландія(Файерсъ)	15 00	Расходы по работѣ.

Мѣстности.	Цѣна и расходы. Руб. К.	Замѣчанія.
Швейцарія	19 50	Наименьшіе отмѣчен. расходы.
Австрия (Меранъ) .	23 53	Плата Комп. выдѣлки карбид-да за 2000 л. силъ.
Норвегія (Сарпен- фосъ)	23 53	Среднее таксированіе для фабрикъ карбіда.
Соединен. Штаты (Массена)	25 00	Низшая отпускная плата.
Италия	28 00	Средняя цѣна работы.
Швеція	отъ 6 р. 50 до 30 р.	Данныя Карлсена.
Японія (Кіото) . .	33 00	Плата для большихъ потребителей.
Канада	35 55	Цѣна въ настоящее время.
Франція	38 04	Средняя цѣна работы.
Соединен. Штаты (Ніагара)	39 54	Плата для большихъ потребителей.
Соединен. Штаты (Ніагара)	43 04	Средняя цѣна за всю силу.
Соединен. Штаты (Ніагара)	46 51	Плата за токъ въ Буффало.
Швейцарія (Шафф- гаузенъ)	42 50	—
Цюрихъ	55 03	Плата для большихъ потребителей.
Германия (Рейнфель- денъ)	60 00	Тоже.
Японія (Кіото) . .	64 00	Плата для малыхъ потребителей.
Канада (Монреаль). .	66 51	Плата для большихъ потребителей.
Соединен. Штаты (Утака)	125 00	Плата за токъ, переданный на 80 миль.
Канада (Монреаль). .	177 00	Плата для малыхъ потребителей.
Соединен. Штаты (Буффало)	255 50	Плата за Ніагарскую силу для малыхъ потребителей Буффало.

При составленіи этихъ таблицъ, отношеніе между въ числѣнной и дѣйствующей лошад. силой было принято=85:100

При разсмотрѣніи этихъ таблицъ, прежде всего опять бросается въ глаза большое разнообразіе цифры: затраченный капиталъ на лошад. силу измѣняется отъ 34 руб. 53 коп. въ Валлорбѣ и до 840 р. въ Ліонѣ. Плата за дѣйств. лошад. силу показываетъ еще большое колебаніе отъ 10 руб. въ Норвегіи и до 255 р. 50 к. въ Буффало. Данныя Юльбэнка относительно цѣны водяной силы въ Канадѣ, и Жанэ—Франціи настолько интересны, что авторъ приводитъ ихъ болѣе подробно ниже.

Данныя Юльбэнка относительной центрально станціи при водопадахъ Lachine Rapids въ Канадѣ:

Въ настоящее время получается—4000 киловаттъ. Всего станція можетъ развить—15000 киловаттъ.

Принявъ 10% потерь между турбинами и динамо, получаемъ расходъ капитала въ 39575 рублей.

Годовая цѣна одного килов. въ наст. времія:

Проценты на капиталъ 6%, 23 р. 93 к.

Погашеніе капитала 5% (на одну треть затраченного капитала) 7 " 25 "

Расходы на работу 4 " 28 "

Всего 35 р. 46 к.

Годовая цѣна килов., при 15000 килов.

Проценты на капиталъ 6% 7 р. 53 к.

Погашеніе капитала 5% (на одну треть затраченного капитала) 2 " 52 "

Расходы на работу 2 " 27 "

Всего 12 р. 32 к.

*) Считая долларъ=1,5 руб.

Детали трехъ гидравлическихъ установокъ во Франции:

I. 6000—11000 лош. силъ (среднее зн. 8500), Верхняя Савойя. Напоръ 140 метр. Расходъ капитала 364000 р.—42 р. 54 к. на валу турбины.

II. 4000 лош. силъ въ Департаментѣ Изеръ. Падение 100 метр. Расходъ капитала 280000—70 р. на лошадиную силу на валу турбины.

III. 300 лош. силъ въ Верхней Савойѣ. Напоръ 2 метра. Расходъ капитала 90000—300 руб. на лош. силу на валу турбины.

Эти цифры ясно показываютъ вліяніе напора на затрату капитала и доказываютъ экономичность работы при большихъ напорахъ.

Не безъинтересны также цифры, показывающія увеличеніе платы при возрастаніи разстоянія передачи силы. Токъ Ніагарской станціи стоитъ въ Буффало 46 р. 51 к. за лош. силу въ годъ, тогда какъ на мѣстѣ онъ стоитъ только 39 р. 54 к. Въ Монреалѣ токъ отъ Лешейнскихъ водопадовъ стоитъ 66 р. 51 к. за лош. силу въ годъ, тогда какъ на мѣстѣ 35 р. 55 к. Въ Утакѣ токъ, переданный на 80 миль къ угольнымъ рудникамъ, продаются по 125 руб. за лош. силу въ годъ, тогда какъ на мѣстѣ сила эта обходится не болѣе одной четверти этой цѣны.

III. Газовые машины.

Въ распоряженіи автора находились двѣнадцать различныхъ данныхъ, касающихся работы газовыхъ машинъ различныхъ силь на генераторномъ и доменномъ газахъ. Превращая эти данные въ форму, удобную для сравненія и сопоставляя результаты, мы получаемъ слѣдующія двѣ таблицы.

Табл. V. Потребленіе топлива газовыми машинами.

Мѣстности.	Килограмм. топлива на л. силу-часъ.	Авторы.	
		Инженеры Компаний Вестингаузъ.	Др. Баумэнъ.
Питсбургъ . . .	0,5	Инженеры Компаний Вестингаузъ.	Др. Баумэнъ.
— . . .	0,5	Бэйльби.	Бэйльби.
Нортвичъ . . .	0,5	Даусонъ.	Даусонъ.
Галифаксъ . . .	0,505	Гемфреисъ.	Гемфреисъ.
— . . .	0,515	—	—
Лозапна . . .	0,568	Твэйтъ.	Твэйтъ.
— . . .	0,65*	Бусъ.	Бусъ.
Глазго . . .	0,778*		

Табл. VI. Цѣна дѣйствительной лош. силы—годъ въ 8760 раб. час., при работе на газѣ.

Авторы.	Цѣна.		Замѣчанія:
	Руб.	К.	
Майеръ	40	54	Доменные газы.
Гётфрейсъ	50	00	Газы съ генераторомъ Монда.
Баумэнъ	61	00	Тоже.
Ланкошъ	76	01	Генераторные газы изъ французского антрацита.

IV. Заключеніе.

Выбравъ наиболѣе вѣроятныя цифры изъ всѣхъ трехъ источниковъ силы и приведя ихъ къ общему основанію—къ цѣнѣ одной дѣйств. лош. силы—годъ (8760 раб. час.) мы получаемъ слѣдующую таблицу.

*) Эти данные относятся къ коксу и доменнымъ печамъ.

Табл. VII. Сравнительная цѣна электрической силы. Низшая отмѣченная цѣна за дѣйств. лош. силу—годъ (8760 раб. час.).

Источникъ силы.	Низшая вычислен. цѣна.		Мѣсто.	Низшая дѣйствит. цѣна.		Мѣста.
	Руб.	Коп.		Руб.	Коп.	
Вода . . .	12	52	Канада .	19	50	Швейцарія.
Паръ . . .	49	04	Англія .	48	54	Соед. Штаты.
Газъ (доменная печь).	40	54	Германія .	—	—	—
Газъ (генераторы). . .	50	00	Англія .	—	—	—

Первая цѣна за водяную силу, указанная въ табл. IV, въ этой таблицѣ не приведена въ виду явной ея исключительности. Эта таблица еще разъ доказываетъ то общее мнѣніе, что вода, если только установка не требуетъ исключительной затраты капитала, является самымъ дешевымъ источникомъ механической или электрической энергіи. Если же капиталъ, затраченный на установку, великъ, то разница между сравнительными цѣнами водяной силы и мѣстной паровой слаживается, а въ иныхъ случаяхъ даже сводится къ нулю. Это же соображеніе дѣйствительно и въ случаѣ большого разстоянія передачи силы.

Напримѣръ, электрическая энергія, получаемая при помощи водяной силы, стоитъ дороже въ Рейнфельденѣ, въ Цюрихѣ и въ Буффало, чѣмъ она стоила бы въ Южномъ Ланкаширѣ при полученіи большого количества силы при помощи пара. Точно также, разница между дѣйствительной платой за водяную силу въ Ніагарѣ и вычисленной силой работы пара на большихъ центральныхъ станціяхъ въ Южномъ Ланкаширѣ, составляетъ только шесть рублей одна копѣйка за дѣйств. силу—годъ. Весьма возможно, что это обстоятельство зависитъ отъ вліянія затраченного на устройство станціи капитала на цѣну полученной работы. Относительно вопроса о практическости большихъ газовыхъ машинъ, можно только сказать, что онъ окончательно не выясненъ. Нужно подождать, пока практика не укажетъ ихъ хорошія и дурныя стороны. Если большие газовые двигатели не потребуютъ большихъ затратъ на починки, то они, въ соединеніи съ коксовыми и доменными печами, могутъ вступить въ успѣшную конкуренцію съ центральными станціями, установленными около большихъ источниковъ водяной силы. Вычислено, что въ одной Англіи въ газахъ, выходящихъ изъ доменной печи, теряются ежегодно два миллиона лош. силъ.

Но доменные печи требуютъ кокса, а угольные залежи истощимы. Такимъ образомъ, въ концѣ концовъ можно предвидѣть вдалекѣ окончательную победу водопада и турбины.

(El. Rev., 1900).

Правила испытаний паровыхъ котловъ, выработанные комиссией Американского общества Инженеръ-Механиковъ.

I. Прежде всего слѣдуетъ установить специальную задачу предполагаемаго испытания: имѣется ли въ виду опредѣлить паропроизводительность котла, его эффективность его полезнаго дѣйствія, какъ паропроизводителя, его достоинства и недостатки при обычныхъ условіяхъ работы, экономичность того или другаго рода топлива; или же требуется выяснить вліяніе на эти факторы различныхъ измѣнений въ конструкціи котла, въ его размѣрахъ и способѣ работы. Со-

образно каждой специальной задачей и вырабатывается порядок испытания.

II. Осмотреть котель снаружи и изнутри; определить размеры колосниковых, площади нагрева и всех других существенных частей; составить описание котла, иллюстрируя его характерные части чертежами. Площадь нагрева вычисляется, складывая величину всех поверхностей, приходящихся в прикосновение с пламенем или горячими газами. Въ дымогарных трубах принимается въ расчет ихъ внутренняя поверхность, въ кипятильныхъ—наружная. Всѣ поверхности ниже среднего уровня воды, приходящая въ прикосновение съ водой съ одной стороны, и съ продуктами горенія—съ другой, рассматриваются какъ площади нагрева воды; всѣ поверхности выше среднего уровня воды, имѣющія по одну сторону водяной паръ, по другую—горячіе газы, рассматриваются какъ площади перегрева пара.

III. Отметить общее состояніе котла и всѣхъ его принадлежностей. Если задачей испытания служить определеніе наибольшей экономичности котла или его паропроизводительности, то котель и вся арматура его должны быть приведены въ полный порядокъ. Площадь нагрева должна быть вычищена снаружи и изнутри; колосники и топка—освобождены отъ шлаковъ. Удалить изъ всѣхъ камеръ, дымоходовъ и борововъ пыль, сажу и золу. Задѣлать щели въ каменной кладкѣ и въ предназначенныхъ для чистки дверцахъ и т. д. удостовѣриться, что заслонка въ хорошемъ состояніи, т. е. широко открывается и плотно закрываетъ ходъ. Чтобы уѣдѣться въ плотности швовъ—осмотрѣть швы съ переноснымъ источникомъ свѣта (свѣчей) и, зажегши небольшое количество топлива, дающаго много дыма, закрыть заслонку и наблюдать за просачиваніемъ дыма черезъ кладку.

IV. Определить качества угля, которымъ предстоитъ отапливать котель. Для определенія коэффициента полезнаго дѣйствія или испытания котла на паропроизводительность съ цѣлью его сравненія съ другими котлами слѣдуетъ, если возможно, пользоваться однимъ изъ ходячихъ сортовъ угля, т. е. принимаемыхъ въ торговлѣ за образцовый *). Если требуется провѣрить дѣйствіе котла при работе какимъ-нибудь определеннымъ сортомъ угля, указаннымъ въ условіяхъ поставки, то уголь, берущійся для испытания, не долженъ содержать въ себѣ болѣе золы и влажности, чѣмъ указано, такъ какъ паропроизводительность и коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла уменьшаются не пропорціонально повышенню содержания въ углѣ золы и влажности, а быстрѣе.

V. Провѣрить всѣ аппараты, служащіе при испытаніи для взвѣшиванія или другихъ измѣрений, т. е.

1) вѣсы для взвѣшиванія угля, золы и воды.

2) водоемы, служащіе для измѣрения воды. Числа, полученные при помощи водомѣра, не должны, вообще говоря, служить для поправки другихъ измѣрений. При точныхъ определеніяхъ воду слѣдуетъ взвѣшивать или измѣрять въ водоемахъ.

3) термометры и пирометры для определенія температуры пара, воздуха, воды, топочныхъ газовъ и т. д.

4) Манометры, приборы для измѣрения силы тяги и т. д. Выборъ рода и способа установки и размѣщенія различныхъ измѣрительныхъ приборовъ долженъ быть предоставленъ усмотрѣнію производящаго испытаніе, который, однако, долженъ постоянно имѣть въ виду получение возможно болѣе достовѣрныхъ чиселъ.

VI. Испытаніе должно начинать только тогда, когда котель нагрѣтъ до температуры, при которой ему предстоитъ обыкновенно работать. Если котель новъ и имѣеть кирпичную кладку, то испытаніе слѣдуетъ начинать не раньше, чѣмъ стѣнки кладки совершенно высохнутъ, т. е. послѣ регулярной работы

*) Мы опускаемъ здѣсь списокъ рекомендуемыхъ комиссій сортовъ американского угля.

по крайней мѣрѣ въ теченіе недѣли. Точно также слѣдуетъ выждать, пока стѣнки нагрѣются, въ томъ случаѣ, если котель стоять нѣкоторое время безъ работы.

VII. Изслѣдовать, пѣтъ-ли гдѣ течи въ котль и трубахъ. Разобщить всѣ водяныя трубы, включая продувательную и запасную питательную, и снабдить ихъ глухими фланцами; оставить открытой лишь одну питательную трубу, чрезъ которую будетъ вводиться въ котель вода во время опыта. При употреблѣніи инжектора, послѣдній долженъ получать паръ прямо отъ подвергаемаго испытанію котла. Если количество воды измѣряется за инжекторомъ, то слѣдуетъ измѣрять ея температуру непосредственно за послѣднімъ. Если количество воды измѣряется до прохожденія чрезъ инжекторъ и если она не подвергается другимъ измѣненіямъ температуры, кромѣ того, которое вызывается самимъ инжекторомъ, то определенная такимъ образомъ температура представляетъ собой температуру питательной воды. Если температура мѣняется между инжекторомъ и котломъ, напримѣръ, вслѣдствіе употреблѣнія подогревателя или благодаря лучеиспусканию, то слѣдуетъ измѣрять температуру воды непосредственно впереди и за инжекторомъ, при вступленіи въ котель. Въ этомъ случаѣ въ вычисленія входитъ вѣсъ воды, оставляющей инжекторъ, и ея температура при вступлѣніи въ котель.

Расположеніе пароотводящей трубы должно быть таково, чтобы конденсационная вода не могла стекать обратно въ котель.

VIII. Продолжительность испытанія. Испытанія, имѣющія своей цѣлью определеніе наибольшей экономичности или наибольшей паропроизводительности котла, независимо отъ специального рода его службы, должны длиться непрерывно не менѣе 10 часовъ. Если подъ котломъ сгораетъ болѣе 25 фунтовъ угля въ часъ на 1 кв. футъ колосниковой решетки, то испытаніе можетъ быть прекращено когда на 1 кв. футъ решетки сгорѣло 250 фунтовъ угля.

Если котель предназначена для непрерывной работы, въ теченіе круглыхъ сутокъ, съ нѣсколькими сменами кочегаровъ, то желательно продлить испытаніе до 24 часовъ.

Если желательно изслѣдовать дѣйствіе котла при обычныхъ условіяхъ работы, безразлично будетъ ли въ дѣйствіи круглыхъ сутокъ или работать съ перерывами, во время которыхъ огонь въ топкѣ, однако, не тушится, то испытаніе должно длиться не менѣе 24 часовъ.

IX. Начало и конецъ испытанія. Условія работы котла и топки должны быть, по возможности, одинаковы въ началѣ и концѣ испытанія. Давленіе пара, уровень воды, количество топлива и сила пламени въ огневой коробкѣ должны быть одни и тѣ же: стѣны, трубы и т. д. должны обладать въ концѣ испытанія та же температурой, какъ и въ началѣ его. Для того, чтобы достигнуть такого совпаденія условій можно пользоваться двумя методами: т. наз., „образцовымъ“ (standard method), указаннымъ въ Уложеніи *) 1885 г., (I способъ) или, если примѣненіе этого метода почему-либо неудобно,—„перемѣннымъ“ (alternate method) (II способъ).

X. Начало и конецъ испытанія при первомъ способѣ когда паръ достигъ нормального рабочаго давленія, надо: удалить быстро огонь съ колосниками, закрыть заслонку, очистить зольникъ и по возможности быстро развести новый огонь взвѣшеными количествами дровъ и угля, отмѣчая время и уровень воды (въ спокойномъ состояніи) непосредственно предъ зажиганіемъ огня. При прекращеніи опыта, надо: удалить весь огонь, вычистить колосники и зольникъ, отмѣтить уровень воды, когда она придетъ въ покойное состояніе, и время, потребовавшееся для удаленія огня. Уровень воды долженъ быть

*) Сѣв. Соед. Штатовъ.

по возможности тотъ же, что и въ началѣ испытанія. Если онъ не тотъ же, то должна быть сдѣлана поправка помошью вычисленій, а не накачиваніемъ въ котель воды по окончаніи опыта.

XI. Начало и конецъ испытанія при второмъ спосѣбѣ. Котель предварительно прогревается до требуемой степени, затѣмъ огонь уменьшается и производится чистка. Количество угля, остающагося на колосникахъ, отмѣчается, насколько возможно точно на-глазъ. Отмѣчаются также давленіе пара и уровень воды; затѣмъ замѣчаются время, которое и принимаются за начало испытанія. Постѣ этого забрасываются свѣжий, отвѣшенный уголь; за-симъ непосредственно вполнѣ очищаются зольники. Предъ прекращеніемъ испытанія огонь уменьшается и дѣлается такимъ, какимъ былъ въ началѣ; на колосникахъ оставляется слой угля по возможности одинаковый съ тѣмъ, какой находится на нихъ въ началѣ испытанія. Этотъ моментъ принимается за моментъ окончанія опыта. Уровень воды и давленіе пара приводятся, предварительно, къ величинамъ, соотвѣтствующимъ началу испытанія. Если уровень воды на тотъ же, что въ началѣ опыта, то поправка производится помошью вычисленій, а не накачиваніемъ воды или выпускъ ея изъ котла.

XII. Постоянство условій. Во всѣхъ испытаніяхъ, имѣющихъ своей задачей опредѣленіе наибольшихъ экономичности или паропроизводительности, условія работы должны быть постоянными во все время испытанія. Расходъ пара регулируется (помошью подходящихъ приспособленій) такъ, чтобы скорость испаренія оставалась постоянной отъ начала до конца опыта. Въ простомъ котлѣ это можетъ быть достигнуто примѣненіемъ широкой пароотводной трубы, выпускъ изъ которой регулируется по желанію. Если испытываемый котель работает вмѣстѣ съ другими, то тяга регулируется подъ послѣднимъ такъ, чтобы испытываемый котель работалъ съ постоянной паропроизводительностью. Постоянными должны оставаться: давленіе пара, уровень воды, быстрота испаренія, толщина слоя горючаго, періоды забрасыванія топлива, количество угля, ста-рающагося въ единицу времени и промежутки времени между шуровками.

Способъ подтапливанія долженъ быть установленъ экспертомъ или лицомъ, отвѣтственнымъ за ходъ испытанія, кочегарь-же долженъ придерживаться указанного ему способа во все время испытанія.

XIII. Веденіе протокола испытанія. Слѣдуетъ отмѣтить каждое обстоятельство, имѣющее связь съ испытаніемъ, какъ-бы незначительно оно ни казалось. Отмѣтить моментъ каждого взвѣшиванія и каждого наблюденія.

Уголь долженъ быть отвѣшиваемъ и сдаваемъ кочегару равными порціями, изъ которыхъ должна хватать не болѣе, какъ на часъ; свѣжая порція должна быть сдана не раньше, чѣмъ сгорѣла предыдущая. Отмѣтить время, за которое сгораетъ каждая порція, при чѣмъ за конецъ принимается моментъ забрасыванія послѣдніго остатка. Желательно, чтобы одновременно съ тѣмъ отмѣчались: количество воды, введенной въ котель за этотъ періодъ, уровень воды въ котлѣ, среднєе давленіе пара и температура питательной воды. Опредѣляя такимъ образомъ количество воды, испаренной каждой порціей угля, можно все испытаніе развить на нѣсколько періодовъ, и опредѣлить для каждого отдельного періода степень равномѣрности горѣнія, экономичность и интенсивность испаренія. Кромѣ этихъ замѣтокъ, слѣдуетъ каждые полъ часа наблюдать температуру питательной воды, продуктовъ горѣнія, воздуха въ котельномъ помѣщеніи, температуру въ топкѣ (если имѣется пирометръ), давление и степень влажности пара, тщательно приготовивъ передъ каждымъ такимъ наблюденіемъ приборы, служащіе для измѣрений, а въ особенности приборы для опредѣленія влаги, содержащейся въ

парѣ. Наблюденія записываются на разграфленныхъ соотвѣтственнымъ образомъ листкахъ. При пользованіи „первымъ“ методомъ испытанія (standard method) количество сожженного въ часъ топлива, паропроизводительность и сила котла, должны быть вычислены на основаніи замѣтокъ, взятыхъ за то время, когда огонь находится въ нормальныхъ (рабочихъ) условіяхъ. Это время нѣсколько короче того, которое дѣйствительно протекаетъ между началомъ и концомъ работы, такъ какъ всегда нѣкоторое время тратится на разведеніе огня и его удаленіе изъ-подъ котла.

XIV. Качество пара. Влажность пара опредѣляется помошью различныхъ калориметровъ. Пробы берутся вблизи котла изъ вертикального колѣна пароотводящей трубы. Для этого служатъ $1/2$ дюйма, вдѣланная въ пароотводную трубу, такъ, чтобы она не доходила на $1/2$ дюйма до противоположной стѣнки. Этотъ внутренній конецъ трубы закрытъ, а въ ея боковыхъ стѣнкахъ продѣлано не менѣе двадцати $1/8$ отверстій; ни одно изъ нихъ не должно находиться ближе $1/2$ дюйма отъ внутренніхъ стѣнокъ паровой трубы. Калориметръ и пробная трубка тщательно защищаются войлокомъ. Если калориметръ показываетъ, что процентное содержаніе влажности въ парѣ сильно колеблется или превышаетъ иногда 3% , то въ пароотводную трубу слѣдуетъ помѣстить приборъ для задержанія влаги, трубку-же къ калориметру отвести непосредственно за этимъ приборомъ. Вода, задержанная приборомъ должна быть собрана, взвѣшена и вычисленная отсюда влажность (въ $\%$) должна быть прибавлена къ влажности, найденной изъ показаній калориметра.

Перегрѣвъ пара опредѣляется помошью термометра, погруженного въ ртуть находящуюся въ трубкѣ, впаянной въ пароотводную трубу. Степень перегрѣва находится изъ сравненія показаній термометра для перегрѣтаго пара съ показаніемъ того-же термометра для насыщенаго пара, взятыхъ при одинаковомъ давленіи, это показаніе должно быть найдено непосредственнымъ опытомъ, а не помошью таблицъ.

XV. Пробы угля и опредѣленіе его влажности. Изъ каждой тачки или свѣжей порціи угля, подвозимаго къ котлу отъ общей кучи, берется лопатка и сбрасывается въ ящикъ, который ставится въ прохладное мѣсто до окончанія опыта. Содержимое ящика затѣмъ хорошо перемѣшивается и измельчается такъ, чтобы куски были не больше 1 дюйма въ поперечнике; послѣдовательное дѣленіе на четыре части и измельчаніе отбираемыхъ частей даетъ, наконецъ, пробу въсомъ около 5 футовъ, содержащую куски, проходящіе чрезъ сито съ $1/4$ -дюймовыми петлями. Эта проба тотчасъ-же помѣщается въ двѣ стеклянки съ притертymi пробками или въ другіе герметически закупоривающіеся сосуды, въ которыхъ не можетъ происходить потеря влажности, и сохраняется для опредѣленія впослѣдствіи влажности и теплотворной способности и для химическихъ анализовъ. Когда во время процесса дѣленія всего угля, отложенного для выбора окончательной пробы, получаютъ приблизительно 100 ф., отдѣляютъ 25 или 50 фунтовъ и берутъ для предварительного, приблизительного опредѣленія влажности. Это опредѣленіе производится слѣдующимъ образомъ. Уголь тщательно взвѣшанный помѣщается въ желѣзную сковороду, глубину не болѣе 3 дюймовъ, которая затѣмъ ставится на самое горячее мѣсто кирпичной кладки и оставляется тамъ по крайней мѣрѣ на 12 часовъ, послѣ чего вновь взвѣшивается уголь. Такое опредѣленіе влажности считается приблизительно точными для антрацита и полусмолистыхъ углей, но не пригодно для сортовъ угля, содержащихъ химически связанныю воду.

XVI. Обработка золы и шлаковъ. Зола и шлаки взвѣшиваются въ сухомъ видѣ. Если желательно имѣть общую характеристику золы, то образецъ ся подвергается приблизительному анализу для

определение содержания негорючих веществ. При тщательном испытании производится полный анализ золы и шлаков.

XVII. Калориметрические опыты и анализ угля. Качество топлива определяется или калориметрическими опытами, или анализом, или обоими способами.

Рациональный метод определения теплотворной способности топлива состоит в сжигании, в атмосфере кислорода, образца, выбранного согласно параграфу XV. Химический анализ угля следует доверить лишь опытному химику. На основании чисел химического анализа теплотворная способность может быть получена при помощи формулы Дюлонга, в которой постоянные изменины согласно новейшим определениям:

$$W = 14600 C + 6200 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 4000 S;$$

в этой формуле C, H, O и S означают процентные содержания в угле углерода, водорода, кислорода и серы.

Желательно иметь также приблизительный анализ, определяющий отношение количества летучих веществ к количеству нелетучего кокса. Это отношение дает указание для характеристики угля и причисление его к тому или другому классу углей. С этой же целью определяется удельный вес угля.

XVIII. Анализ топочных газов. Анализ топочных газов представляет самый лучший способ для определения сравнительных достоинств различных методов подтапливания или различных топок. При исполнении этих анализов следует обращать большое внимание на то, чтобы анализируемые образцы обладали действительно средним составом, так как состав газов подвержен колебаниям в различных частях дымоходов. Состав может также меняться и во времени, и поэтому выбор пробы должен длиться достаточно долго. Если требуется полное определение, то лучше всего доверить анализ опытному химику. Для приблизительных определений можно пользоваться аппаратами Орса или Хемпеля.

Для постоянного указания содержания углекислоты в дымовых газах, последнее проводится через особый аппарат, указывающий их в весе.

XIX. Определение копоти. Желательно принять однообразную систему для определения количества копоти, даваемой битуминозными сортами угля. Рекомендуется действительное исследование образца сажи.

XX. Этот параграф касается лишь некоторых специальных случаев и может быть здесь опущен.

XXI. Вычисление полезного действия. Рекомендуются два метода вычисления полезного действия котлов, а именно:

1) Коэффициент полезного действия котла равен теплоте, поглощенной котлом на один фунт промышленных частей угля, дыленной на калориметрический эквивалент одного фунта этих частей.

2) Коэффициент полезного действия котла и топки равен теплоте, поглощенной на один фунт угля, дыленной на калориметрический эквивалент (теплотворная способность) одного фунта угля.

Первая формула рекомендуется для всех сравнительных испытаний, и она одна подразумевается, когда идет речь о коэффициенте полезного действия без дальнейших оговорок. Но вторая формула должна быть присоединена к первой, когда определяется полезное действие котла вместе с топкой и колесниковой решеткой (или механическим кочегаром), или когда сравниваются различные топки, колесниковые решетки, сорта топлива или способы подтапливания. Теплота, поглощается на один фунт горючих составных частей угля (или всего угля) вычисляется, умножая количество воды, испаренной этим фунтом при 100° С., на 965,7.

XXII. Баланс теплоты. Если были произведены анализы топлива и топочных газов, то к отчету об испытании может быть присоединен расчет распределения теплоты, т. е. расчет ее потерянной и утилизированной части.

Разъединение подземных канализаций трамвайными токами.

Статья А. Ф. Лаговского.

При устройстве электрических трамваев в городах приходится неизбежно пользоваться рельсами, как и обратным проводником для возвратного тока. Не будучи электрически изолированы от земли, что было бы крайне затруднительно сдѣлать, рельсы эти дают возможность образованию такъ наз. *блуждающих токовъ* въ видѣ отвѣтвленій черезъ землю, на которой лежать рельсы, къ предметамъ имѣющимъ хорошую проводимость, каковы: водопроводные и газовые трубы, кабели телефонные и освѣтительные и пр. Эти трубы и кабели, помѣщенные въ сырую почву, всегда содержащую въ городѣ нѣкоторое количество солей и кислотъ, образуютъ электролитическую пару, въ которыхъ анодами являются эти металлические предметы, и подвергаются подъ дѣйствиемъ блуждающихъ токовъ разъединению въ мѣстахъ выхода токовъ изъ нихъ обратно въ землю для возврата на силовую станцію. Такое разъединение можетъ нанести значительный вредъ водопроводамъ и пр. сооруженіямъ, и потому крайне важно знать тѣ условія, которыя содѣйствуютъ электролитическому разъединению, чтобы принимать соответственные мѣры при самомъ устройстве трамваевъ.

Очевидно главнымъ и непремѣннымъ условіемъ безопасности будетъ низкое напряженіе вдоль всего возвратного проводника и слѣдовательно малое сопротивление этого проводника, т. е. рельсовъ и вспомогательныхъ обратныхъ фидеровъ, но это требуетъ большого поперечного сѣченія рельсовъ и фидеровъ, а слѣдовательно и значительного ихъ вѣса, что сильно увеличиваетъ стоимость устройства. Между тѣмъ предѣлы безопаснай разности напряженій нельзя предугадать теоретически, такъ какъ для электролитического разложения съ растворимыми анодами, какъ въ рассматриваемомъ случаѣ, достаточно даже малой доли вольта. Остается практически опредѣлить примѣрами существующихъ трамвайныхъ сѣтей тѣ предѣлы разности напряженій въ рельсахъ, который допустимъ безъ существенного вреда для подземныхъ металлическихъ сооруженій. Докладъ S. Shelbora, читанный въ маѣ этого года въ филадельфіи въ собрании Американского Института электротехническихъ инженеровъ, даетъ много поучительного по этому вопросу.

Городъ Бруклинъ на пространствѣ 60 кв. миль (156 кв. килом.) покрытъ сѣтью электрическихъ уличныхъ желѣзныхъ путей, по которымъ въ оживленные часы дня ходятъ до 1100 вагоновъ, снабжаемые токомъ въ 4700 амперъ изъ семи силовыхъ станцій.

Возвратные токи, кроме главного пути по рельсамъ сѣти, хорошо соединеннымъ электрически между собою, и по фидерамъ—идутъ частью черезъ землю въ трубы городского водопровода и газового общества, въ кабели телефонного общества и въ трубы Эдисоновского общества электрического освѣщенія. Разница напряженій между любыми точками сѣти рельсовъ и подземныхъ упомянутыхъ канализаций измѣняется въ теченіи дня вслѣдствіе перемѣнъ въ условіяхъ работы; она менѣется также и по временамъ года и неодинакова въ воскресные или праздничные дни и въ будни. Разность эта менѣется также съ перемѣнной распределеніемъ нагрузки между силовыми станціями. Разность напряженія

между рельсами и гидрантами водопровода, а также газовыми магистралами измѣняется отъ доли вольта до 25 вольтъ.

Каждая силовая станція окружена кривыми равнаго напряженія, и въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ нею паденіе напряженія очень быстрое. Такимъ образомъ, городъ можетъ быть раздѣленъ на участки, съ которыхъ токъ собираютъ отдельный силовой станціи. Границы этихъ участковъ занимаютъ относительно возвратныхъ токовъ положеніе подобное водораздѣльнымъ возвышенностямъ въ водосливныхъ системахъ. Разность напряженій между точкой на границѣ участка и землей подъ силовой станціи, питающей участокъ, была найдена достигающей величины въ 40 вольтъ.

Городскія водопроводныя магистралы проходять почти по всѣмъ улицамъ города, имѣя размѣръ до 48 дм. въ діам. (1,22 метра). Сдѣланы они всѣ изъ чугуна крѣпкаго и твердаго, имѣющаго въ изломѣ блѣду поверхность. Не было обнаружено въ городѣ ни одного случая раззѣданія электролизомъ этихъ магистралей, хотя второстепенные трубы во многихъ случаяхъ пострадали.

Бруклинское газовое общество имѣетъ 750 миль (1200 килом.) магистралей, сдѣланныхъ тоже изъ чугуна. Втчениіи одного года не было замѣчено вовсе раззѣданія этихъ трубъ электролизомъ, а позже обнаружилась порча въ двухъ случаяхъ, но трубы лежали въ участкахъ исключительно опасныхъ. Имѣется 272 мили (438 килом.) желѣзныхъ распределительныхъ трубъ. Эти трубы съ ихъ вѣтками были раззѣдены во многихъ случаяхъ. Газовое общество жалуется, что утечка газа, сдавающая въ прежніе годы, значительно увеличилась со времени введенія электрической тяги въ 1894 г. и достигла въ 1899 г. уже 13% всей производительности газа (4500 миллионовъ куб. фут.).

Подземные кабели телефоннаго общества были во многихъ случаяхъ повреждены, при чмъ ихъ свинцовая оболочка была раззѣдена электролизомъ.

Эдисоновское общество имѣетъ свыше 100 миль (160 килом.) подземныхъ трубопроводовъ, которые значительно пострадали отъ электролитического раззѣданія, но безъ сомнѣнія, во многихъ случаяхъ вслѣдствіе короткихъ замыканий тока, идущаго въ проводахъ, проложенныхъ въ этихъ трубахъ.

Принимая въ соображеніе полную величину сѣти электрическихъ дорогъ и время, втчениіе котораго она находится въ дѣйствіи (первый вагонъ началъ работу въ 1894 году) и при достаточной свободѣ возврата токовъ землею, надо удивляться, что не было найдено раззѣданія чугунныхъ магистралей болѣе чѣмъ въ двухъ упомянутыхъ случаяхъ. Такую стойкость чугуна приписывали особымъ свойствамъ материала магистральныхъ трубъ, но при помощи опытовъ выяснина истинная причина нераззѣдаемости. Образцы для опытовъ взяты были непосредственно отъ водопроводного отѣла города и отъ газового общества. Они были употреблены, какъ аноды въ электролитическихъ элементахъ, при чмъ электролитъ состоялъ изъ образцовъ почвы различныхъ частей города, увлажненныхъ либо дистиллированной водой, либо водой изъ гидрантовъ водопровода, либо морской. Эти элементы были подвергнуты дѣйствію электрическихъ напряженій различной величины. Во всѣхъ случаяхъ аноды были раззѣдены, если дѣйствію выставлялась опиленная поверхность металла; если же оставалась свободной для возврата равная по величинѣ неопиленная, шершавая, покрытая песчинками поверхность, то при одинаковой величинѣ напряженій сила тока въ этомъ случаѣ оказывалась значительно уменьшенной, а иногда даже вовсе не появлялся токъ, пока напряженіе не поднималось до извѣстной величины.

При отливкѣ трубъ въ песчаныхъ формахъ, горячий чугунъ спекается со слоемъ песку, образуя крем-

*) чистое соединеніе, вѣроятно, силикатъ жѣлѣза, кор-
редно

торый образуетъ тонкую оболочку на поверхности трубы, непроповѣщаю электричества. Оболочка эта мѣстами отсутствуетъ. Все это легко обнаруживается, замыкая цѣль чувствительного гальванометра при посредствѣ проволокъ, прикасаемыхъ къ поверхности трубы, при чмъ большей частью никакого отклоненія въ гальванометрѣ не получается, но изрѣдка обнаруживаются мѣста почти безъ всякаго сопротивленія.

Кромѣ свойствъ трубъ, на размѣры электролитического раззѣданія оказываетъ огромное вліяніе еще другой элементъ—это сопротивленіе, представляемое землей. Заинтересованные общества изучали этотъ вопросъ, записывая разность напряженій между рельсами и своими подземными системами. Всакій разъ, какъ система является положительной въ отношеніи къ рельсамъ, участокъ разсматривается, какъ опасный, ибо можно ожидать раззѣданія, размѣръ котораго однако зависитъ отъ силы проходящихъ токовъ и слѣдовательно отъ величины сопротивленія земли. Измѣреніе этого сопротивленія въ лабораторіи даютъ указанія, трудно приложимыя къ уличнымъ условіямъ. Должно предпочесть прямая измѣренія сопротивленія между рельсами и другими проводящими токъ системами. Пока еще нѣть возможности опредѣлить сопротивленія такимъ образомъ, чтобы вычислить плотность тока въ каждой точкѣ и направленіе линій теченія, но нѣкоторое понятіе о размѣрахъ почвенныхъ сопротивленій можно получить слѣдующимъ способомъ, пользуясь вольтметромъ низкаго напряженія (отъ 0 до 3 вольтъ) и батареей, имѣющей электродвижущую силу E вольтъ.

Пусть сопротивленіе вольтметра будетъ R омовъ; при нѣкоторомъ показаніи вольтметра Θ проходящій черезъ него токъ будетъ Θ/R амперовъ. Теперь для измѣненія сопротивленія земли между двумя точками (напр. рельсомъ и гидрантомъ водопровода) дѣлаются слѣдующіе отсчеты по вольтметру:

ϵ' съ однимъ только вольтмеромъ, поставленнымъ въ цѣль между этими двумя точками.

ϵ съ одной лишь батареей, соединенной съ полюсами вольтметра и Θ съ батареей и вольтметромъ, поставленными послѣдовательно въ цѣль между тѣми же двумя изслѣдуемыми точками.

Пренебрегая сопротивленіемъ батареи, какъ весьма малымъ по сравненію съ сопротивленіемъ вольтметра, и называя сопротивленіе земли черезъ X омовъ, имѣемъ

$$\frac{\epsilon \pm \epsilon'}{R+X} = \frac{\Theta}{R} \text{ откуда} \\ X = \frac{(\epsilon \pm \epsilon') R}{\Theta} - R = R \left(\frac{\epsilon \pm \epsilon'}{\Theta} - 1 \right).$$

Для напряженій мѣньшихъ одного вольта достаточно двухъ обыкновенныхъ сухихъ элементовъ. Замѣчено, что малый токъ, посыпаемый батареей, не производить поляризациіи, что становится понятнымъ, если взять во вниманіе значительную поверхность трубъ и рельсовъ.

Измѣренія сопротивленій, сдѣланные по этому способу во многихъ мѣстахъ между гидрантами водопровода и рельсами въ Бруклинѣ дали величины между 10 и 35 омами. Родъ замошенія не оказывалъ вліянія на величину этого сопротивленія, хотя испытанія дѣлались для разнообразныхъ случаевъ: съ асфальтомъ, булыжникомъ, гранитными брусками, глазурованнымъ кирпичемъ и съ простой немощеной грязной дорогой.

Всемъ вѣроятно, что токъ проходившій черезъ сопротивленія, опредѣленные этими измѣреніями, распредѣлялся по обширной поверхности трубъ, а потому его плотность была настолько невелика, что потребовалось бы долгое время для обнаруженія разрушительного раззѣданія въ трубахъ отъ электролиза.

Электрическая установка въ Энженѣ.

Описываемая установка служить для передачи энергии въ мѣстность, окружающую дер. Энженѣ (Франція), расположенную на р. Фуронѣ, лѣвомъ притокѣ р. Изера. Водопадъ, силой которого пользуются для работы турбинъ, расположены на р. Фуронѣ, въ 2 км. выше деревни Энженѣ (Engins). Станція находится въ 4 км. отъ города Сассенажа. Полезная высота водопада — 282 м., которая представляетъ разность уровней начала канализаціи и коллекторовъ станціи.

Количество воды, даваемой рѣкой, весьма варьируетъ съ временами года: съ 10 марта по 10 июля — не падаетъ ниже 400 литровъ, давая въ среднемъ — 600 литровъ; съ 10 июля по 10 сент. уменьшается до 150 литр. Во время сухого лѣта послѣдняя величина является минимальной и до начала октября. Затѣмъ, вслѣдствіе осеннихъ дождей, между 5 и 15 окт., количество воды увеличивается и между 20 окт. и 20 декабря доходитъ до 350 литровъ; зимой во время сильныхъ морозовъ уменьшается до 200. Благодаря виду мѣстности, удалось устроить у начала канала резервуаръ для воды на 600 м.³, который легко можетъ быть увеличенъ до 1000 м.³. Ниже станціи устроенъ такой-же резервуаръ. Для устройства этихъ резервуаровъ пожертвовали нѣсколькими метрами высоты паденія, но благодаря ихъ устройству явилась возможность собирать въ верхнемъ резервуарѣ днемъ воду, въ то время когда нижний резервуаръ снабжаетъ своей водой фабрики, работающіе ниже центральной станціи.

Въ настоящее время гидравлическая установка временная; въ готовомъ видѣ она будетъ заключать: плотину задерживающую слой воды въ 4000 м.³, количество которой будетъ доведено потомъ до 9000 м.³, бассейнъ, до 2000 м.³ вмѣстимостью, для воды, съ земляной плотиной въ 2 м. высотой соединенный съ плотиной каналомъ; этотъ бассейнъ ограничитъ высоту воды до 2 м. въ началѣ водоприводного канала. Вся канализація длиной около 3200 м. состоѣтъ изъ двухъ частей: первая — 2000 м., съ небольшимъ уклономъ (2¹/₂%) состоѣтъ изъ бетонной трубы съ внутреннимъ діаметромъ въ 0,80 м., толщиною отъ 10 до 20 см., которая находится подъ слоемъ земли въ 0,60 м. На канализаціи находятся двѣ большихъ трубы, изъ которыхъ одна на нижнемъ концѣ бетонной трубы, имѣющающей своей цѣлью уменьшать гидравлическіе удары отъ слишкомъ быстрого закрытія или открытия турбинныхъ затворовъ на станціи. Вторая часть канализаціи — длиной около 1200 м. съ сильнымъ паденіемъ состоѣтъ изъ стальныхъ трубъ, въ 0,60 м. внутреннимъ діаметромъ, толщиною отъ 4 до 14 мм. и длиною въ 6,50 м. Каждая труба состоѣтъ изъ 5 продольныхъ частей, соединенныхъ продольно и поперечно одиночными или двойными рядами заклепокъ, смотря по давленію. Трубы скрѣплены между собой болтами со свинцовыми прокладками. Труба помѣщается въ траншѣ, вырубленной въ скалѣ, и поконится подъ различными уклонами на каменныхъ столбикахъ. На очень значительныхъ уклонахъ трубы имѣютъ особыя подвижныя соединенія для избѣжанія вліянія измѣненій ихъ длины на прочность закрѣплений. Какъ бетонныя, такъ и стальные трубы покрыты слоемъ земли съ цѣлью защиты ихъ отъ возможныхъ обваловъ камней.

Центральная станція занимаетъ прямоугольникъ размѣромъ въ 33,65 × 15,70 м., ось котораго почти перпендикулярна къ течению р. Фурона; она раздѣлена на двѣ части продольной стѣной. Въ одной (28 × 5,50 м.) находятся 2 турбины въ 650 лош. силъ съ горизонтальными осями; оси эти, проходя сквозь стѣну, соединены посредствомъ гибкихъ муфтъ съ валами динамомашинъ, находящихся въ сосѣднемъ помѣщении (разм. 18 × 8 м.). Турбины, завода братьевъ Бувье, центробѣжныя и имѣютъ чугунные маховики со стальными обручеми, вѣсомъ въ 2500 кгр. Альтер-

наторы системы Е. Лабура построены обществомъ „Société l'Eclairage Electrique de Paris“, мощностью каждый въ 350 киловольтамперъ, даютъ трехфазный токъ, напряженіемъ отъ 115—125 вольтъ, смотря по нагрузкѣ. На оба альтернатора работаетъ одинъ возбудитель, приводимый въ движеніе отдельной турбиной.

Устройство станціи предусматриваетъ установку 3 комплекта на 350 киловаттъ, а въ случаѣ необходимости и 4-го.

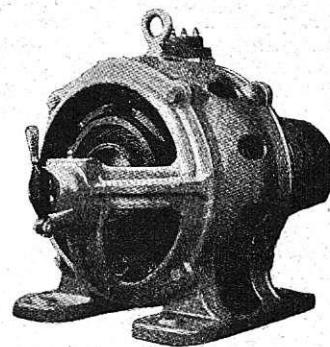
Распределительная доска находится на меньшей сторонѣ станціи. Тутъ-же находится, отдаленное отъ помѣщений для машинъ небольшой стѣной не доходящей до потолка, помѣщеніе для трансформаторовъ (8 × 4,20) разсчитанное на 8 трансформаторовъ въ 175 киловаттъ. Трансформаторы эти — типа Е. Лабура, заключены въ оболочки, наполненные парафиномъ и снабженныя ребрами для облегченія охлажденія. Трансформаторы поднимаются напряженіе до 12000—15000 вольтъ.

Оба помѣщения обслуживаются однимъ и тѣмъ же мостовыми краномъ. На продолженіи помѣщенія турбины находится небольшая мастерская (5,50 × 3,70 м.), въ которой имѣется кузница, верстакъ и сверлильный станокъ. Надъ мастерской находится кладовая съ запасомъ необходимыхъ матеріаловъ.

Линія передачи развѣтвляется въ Сассенажѣ на двѣ главныхъ линіи: одна идеть на Гренобль; другая, болѣе значительная, въ сторону Воарона.

Изоляторы, въ видѣ тройного колокола, расположены или на деревянныхъ, или на металлическихъ столбахъ; всѣ изоляторы были испытаны на двойное рабочее напряженіе линіи. Столбы еловые пропитаны карбониломъ. Разстояніе между столбами равно 40 м. на прямыхъ участкахъ, на кривыхъ меньше; кромѣ того, на кривыхъ, столбы снабжены упорами и оттяжками.

Напряженіе тока линіи колеблется, въ зависи-
мости отъ нагрузки, между 12 и 15 тысячъ вольтъ; у абонентовъ оно понижается съ помощью трансформаторовъ, коэффиціентъ трансформированія которыхъ равенъ 0,01. Трансформаторы принадлежатъ общес-
тву, двигатели — потребителямъ. Маленькие двигатели — асинхронные, большиѣ — обязательно синхронные, что принято съ цѣлью уменьшенія сдвигофазъ, которое достигается однообразіемъ съченія кабелей начального напряженія и передаваемой энергіи, а также съ цѣлью уменьшения потерь линій. Отъ стан-
ціи до Сассенажа съченіе провода равно 40 мм.² Линія, идущая на Гренобль, имѣть съченіе въ 20 мм.² исключая перехода р. Дракъ, гдѣ взято 40 мм.² Отъ



Фиг. 48.

главной вѣтви въ 4800 м. приблизительно, отвѣтвляются нѣсколько цѣпей.

1. Линія въ 400 м. приблизительно, то мм.² попе-
речное съченіе, идеть на известковые заводы въ
Треффоринѣ, гдѣ имѣется асинхронный двигатель
Граммона, въ 10 лош. силъ (фиг. 48). Трансформаторъ
мощностью въ 10 киловаттъ. Отъ этой же вѣтви бу-

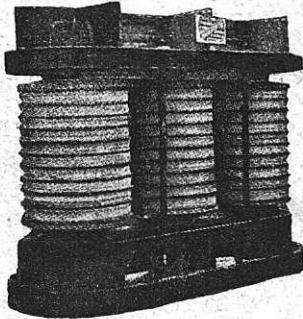
детъ питаться двигатель въ 15 лош. силъ на лѣсопильнѣ въ Треффоринѣ.

2. Слѣдующая линія идеть къ дер. Фонтенѣ и служить для освѣщенія этой деревушки.

3. Третья линія идеть на югъ, переходя р. Изерь, и примыкаетъ къ трансформатору въ 50 киловаттъ, отъ которого уже питаются двигатели, мощностью отъ 10 до 20 лош. с., многихъ окрестныхъ промышленныхъ заведеній.

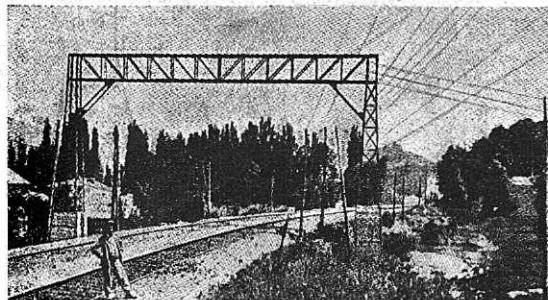
4. Четвертая линія питаетъ трансформаторъ въ 20 киловаттъ, предназначенный для освѣщенія группы домовъ на ул. Дидро и для электродвиженія въ небольшихъ мѣстныхъ мастерскихъ.

5. Пятая линія идеть по каналу Фонтеней и примыкаетъ къ мельницѣ на этомъ каналѣ, где и по-



Фиг. 49.

мѣщается трансформаторъ (фиг. 49) въ 20 киловаттъ и двигатель въ 17 лош. силъ. Линія, идущая на Воаронъ, подобна описанной, отличіе лишь въ томъ, что столбы сульфатированы, сѣченіе проводовъ = 30 мм.²; длина ея, до перехода чрезъ жел. дорогу, около 22 км. Она пересѣкаетъ 4 раза жел. д., и каждый разъ по особо устроеннымъ металлическимъ переходамъ



Фиг. 50.

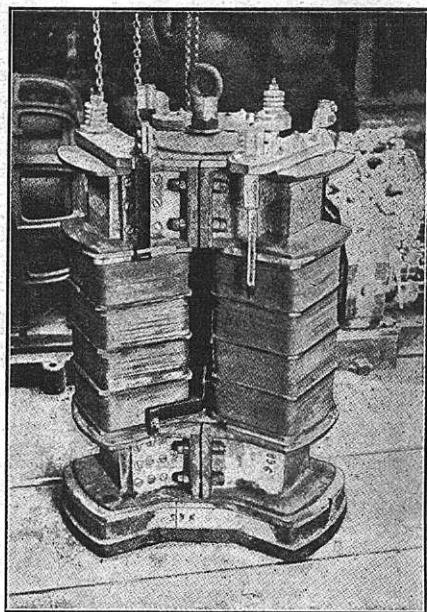
(фиг. 50). Эта линія имѣетъ также нѣсколько развѣтвленій.

Она обслуживаетъ бумажныя фабрики Лафюма и Бертолле 2-мя линіями, идущими одна къ трансформатору въ 50 киловаттъ, питающему 2 синхронныхъ двигателя Лабура въ 50 лош. силъ, другая—къ трансформатору въ 100 килов. (фиг. 51), питающему двигатель Лабура въ 100 л. с. (фиг. 52). На эти фабрики энергія доставляется круглые сутки, въ остальные мѣста 10—11 часовъ.

2. Второе отвѣтвленіе обслуживаетъ бумагопрядильныи Гильома, где имѣется трансформаторъ въ 100 киловаттъ *) и синхронный двигатель въ 50 л. с. (Лабура).

*) Трансформаторъ взять большей мощности, такъ какъ предполагается увеличеніе установки.

3. Маленький трансформаторъ въ 5 к.в. питаетъ двигатель въ 2 л. с. (Граммона) на фабрикѣ Лебона и Вернея.

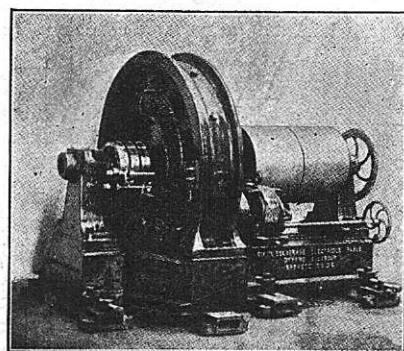


Фиг. 51.

4. Трансформаторъ въ 15 к.в. питаетъ различные двигатели Граммона, мощностью 1—3 лош. с., въ Воаронѣ.

5. Трансформаторъ въ 5 к.в. для двигателя Граммона въ 3 лош. с.

6. Въ настоящее время продолжаютъ линію въ



Фиг. 52.

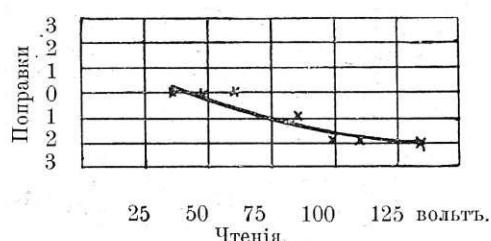
направлениі Кублеви, небольшой деревни у Воарона, где устраивается освѣщеніе.

Въ общемъ, станція дастъ 160 лош. силъ въ продолженіи 24 часовъ въ сутки (зав. Лафюма и Бертолле) и 138 лош. силъ 10—11 часовъ въ сутки, различными потребителями.

Всѣ приборы и механизмы установки были подвергнуты ряду испытаний, произведенныхъ Рутеномъ и Модои, инженеромъ общ. „Société l'Eclair. Electr.“.

Были испытаны 2 вольтметра Гартмана и Брауна и 2 тахометра; результаты полученные для вольтметровъ и амперметровъ представлены ниже слѣдующими графиками.

Нормальный приборъ.	Вольтметръ Г. и Б. № 38971.	Вольтметръ для возбужд. № 1817,2.
12	"	12
24	"	24
36	36	36
48	48	48
60	60	60
72	73	72
84	85	84
96	98	97
108	110	109
120	122	120
132	134	132
144	144,5	142
155	"	154
166	"	165
186	"	187

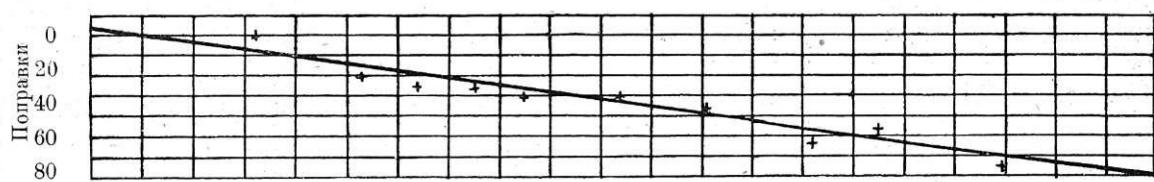


Фиг. 53. Вольтметръ № 38971.



Фиг. 54. Амперметръ для возбуждения.

Нормальний приборъ.	Амперметръ № 1997,2.	Амперметръ № 1997,2.
Восходящая чтенія.	Нисходящая чтенія.	
19	20	21
38	38	38
56	55	56
73	72,5	73
90	89	90
108	105	106
126	123	123
	400	800
		1200
		1600
		2000 амп.



Фиг. 55. Амперметръ № 52001.

Стрѣлка амперметра № 1997,2 послѣ размыкания тока, не возвращается точно къ 0, а останавливается на 2 амперахъ. Однако къ концу $\frac{1}{2}$ часа стрѣлка возвращается въ нормальное положеніе.—Чтения при определеніи характеристики были восходящія. Тер-

мический амперметръ Гартмана и Брауна, № 52001, градуированный отъ 0 до 2000 амперъ былъ вывѣренъ въ Центральной электрической лабораторіи въ Парижѣ. Результаты представлены ниже следующимъ графикомъ (фиг. 55).

Чтения на приборѣ.	Амперы.	Примѣчаніе.
305	299	Температура—15° Ц.
550	525	Шунтъ—2000 амп.
680	662	№ 52001.
890	855	Температура шунта, во
1060	1020	время вывѣрки, подня- лась на 51° Ц. Перемѣн- ный токъ давался отъ
1250	1210	станціи лѣв. бер. (Па- рижа) и преобразовы- вался трансформаторомъ.
1350	1305	Лабура. Частота ок. 42.
1460	1415	
1570	1520	
1780	1710	

Вывѣрка тахометровъ альтернатора и турбины дала слѣдующіе результаты:

Чтения на приборѣ.	Число оборотовъ.	Коэффициенты.
203	196	0,964
257	248	0,964
272	262	0,964
292	280	0,96
304	294	0,965
309	300	0,97
337	330	0,98

Тахометръ турбины.

162	192	1,2
189	224	1,19
224	266	1,19
260	312	1,2

Характеристики.—Характеристики брались при разомкнутой цѣпи, короткомъ соединеніи двухъ фазъ, короткомъ соединеніи трехъ фазъ.

Характеристики при короткомъ соединеніи двухъ фазъ:

Амперы.	Альтернаторъ.		Возбуждение.
Чтанный.	Исправленный.	Чтанный.	Исправленный.
440	424	9	7,5
940	907	12	10,6
1250	1207	14,5	13,2
1510	1458	16,5	15,5
1750	1689	18	16,9
2000	1930	20,5	19,5

Характеристика при разомкнутой цѣпи.

Число оборотовъ.	Амперы—возбуждение.	Вольты.			
Чтан.	Исправ.	Чтан.	Исправ.	Чтан.	Исправ.
310	300	19	17,9	77,5	76,5
—	—	20	19	81,5	80,4
—	—	22,8	21,9	91	89,6
—	—	25,5	24,7	101,5	99,8

2000 амп.

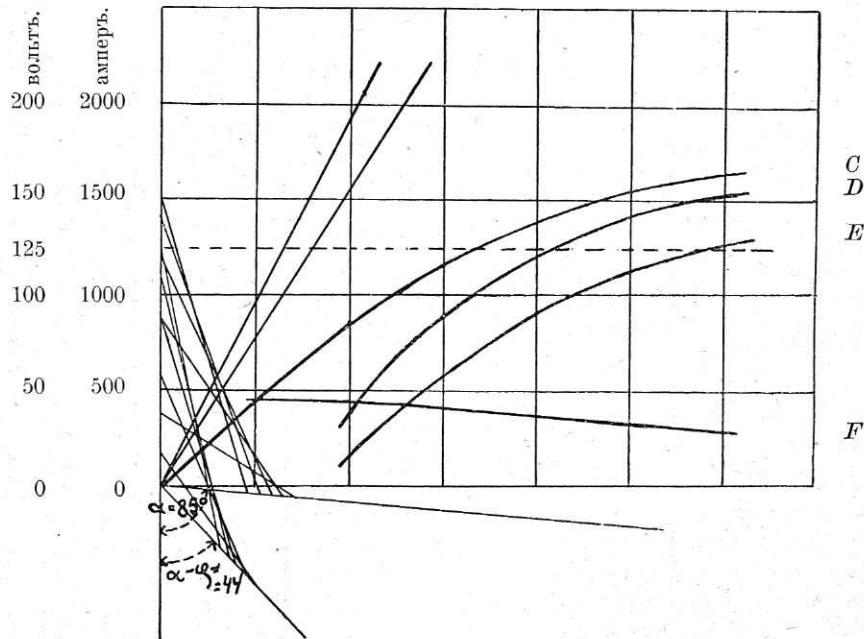
Характеристика при короткомъ соединеніи трехъ фазъ:

А м п е р ы.

Альтернато́ръ. В о з б у ж д е н і е .
Читаннія. Исправленнія. Читаннія. Исправленнія.

500	482	9,5	8
920	888	14	12,8
1150	1110	16	14,9
1360	1312	18	16,9
1625	1568	21	20,1
1950	1882	24,5	32,7

Возбуждение.
10 20 40 50 60 амп.



Фиг. 56.

А—Короткое соединеніе 2-хъ фазъ (J_0).

Б— " " 3-хъ " (J_a).

С—Характеристика при холостомъ ходѣ (Е).

Д— " " " нагрузкѣ $J=1620$ амп., $\cos\varphi=1$.
Е— " " " " " " " $\cos\varphi=0,75$.

Измѣреніе полезнаго дѣйствія альтернато́ръ. Для измѣренія былъ примѣненъ кинетической способъ, предложенный въ 1896 году И. Рутеномъ *).

Потери альтернатора.—Увеличение скорости.—I. Механическія потери: турбина и альтернато́ръ работаютъ въ холостую ($A_0 + T$). Чтенія по тахометру съ промежутками въ $\frac{1}{4}$ часа

315—307—298—289—282—274—268—262—256—248—243—235.

2. Механическія потери: турбина и альтернато́ръ возбуждаемый токомъ въ 33 ампера ($A_0 + A_{33} + T$)

302—286—273—260—247—235—224—213—202—193.

3. Механическія потери: альтернато́ръ безъ нагрузки, турбина, съ нажимомъ въ 61,2 кгр., при диаметрѣ шкива 1,38 м. ($A_0 + T + f$).

315—300—286—274—263—250—239—227.

Определеніе потери, соотвѣтствующей работѣ турбины, отдѣленной отъ альтернато́ра.

(Чтенія чрезъ $\frac{1}{2}$ минуты).

1. Турбина одна, Т.

250—237—225—213—203—194.

2. Турбина и нажимъ (какъ и раньше 17,7 лош. силъ), $T + f$.

249—226—206—188—70.

Нагружение:

Вольты—129, т. е. 126,9 съ поправкой.

Амперы—800, т. е. 772 "

Высота рабочей воды—12 см. (0,6—на возбужд.).

Открытие—0,475.

C
D
E

F

F—Кажущееся сопротивление ($R_{\text{каж.}}$).

Паденіе напряженія, при $\cos\varphi=1$ $\cos\varphi=0,75$

Способъ Бень-Эшебурга 14% 30%

» Роттера 14% 26%

Реостаты:

17 метровъ пластины 9 см. $\times 0,05$
13,5 " " 4,5 см. $\times 0,05$

Расходъ энергіи на холостую работу трансформаторовъ.

I фаза - чтенія по ваттметру:

120 вольтъ 36^0 4100 ваттъ.
130 " 39^0 4430 "

II фаза:

120 вольтъ 34^0 3875 ваттъ.
Среднее при 120 в. 3987 "

Полезныя дѣйствія двигателей Лабура.—Эти полезныя дѣйствія даются кривыми нарисованными по полученнымъ цифрамъ.

Синхронный двигатель въ 50 лош. спль.

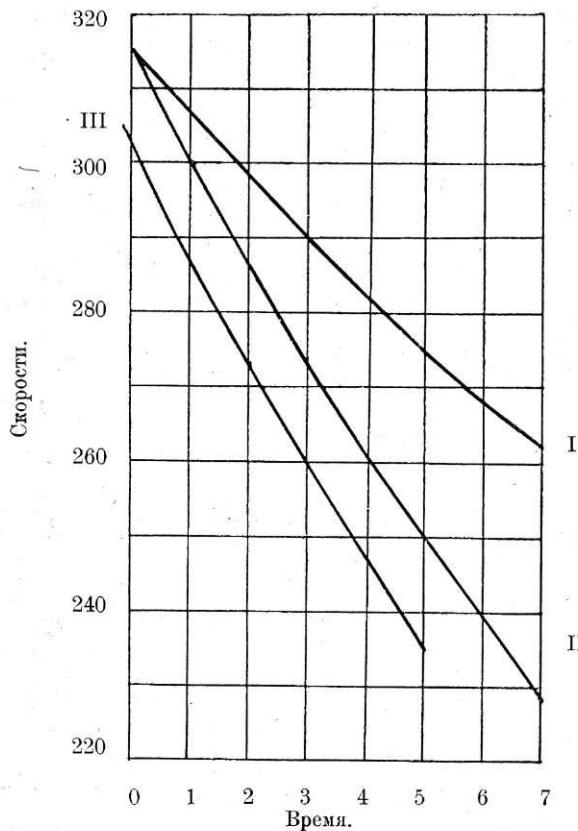
Работа подъ нагрузкой.

Возбуждение, въ Амперы двигателя. Чтенія по ваттметру.

4,25	106	118
4,4	98	118
5,2	105	119

*) См. Электричество. 1898 годъ, № 2, стр. 25.

6,85	131	120
7	133	120
8	160	122
5,1	190	119
5,8	173	118
6,9	200	120
4,7	210	117
5,8	202	118
7,2	210	120



Фиг. 57.

Результаты опытовъ для определенія потерь альтернатора. I— $A_0 + T$; II— $A_0 + T + f$; III— $A_0 + A_{33} + T$, где A_0 —потери при холост. ходѣ, A_{33} —потери при возбужд. токомъ въ 33 амп., и T —потери турбины (см. отд. графикъ, фиг. 58).

Работа нажима

$$= \frac{61,2 \times 4,33 \times 5}{75} = 17,7 \text{ л. с.}$$

$$A_0 + T \quad \lg \alpha_1 = 8,5$$

$$A_0 + T + f \quad \lg \alpha_2 = 14,3$$

$$A_0 + T + A_{33} \quad \lg \alpha_3 = 15$$

$$\frac{A_0 + T}{A_0 + T + 17,7} = \frac{8,5}{14,3}; A_0 + T = 25,9$$

$$\frac{25,9 + 17,7}{25,9 + 17,7 + 14,3} = \frac{14,3}{43,6}$$

$$\frac{25,9 + A_{33}}{43,6 + 15} = \frac{15}{25,9 + 15}$$

$$A_{33} = \frac{43,6 + 15 - 25,9 - 14,3}{14,3} = 19,83 \text{ л. с.}$$

Синхронный двигатель въ 100 лоп. силъ.
Холостой ходъ.

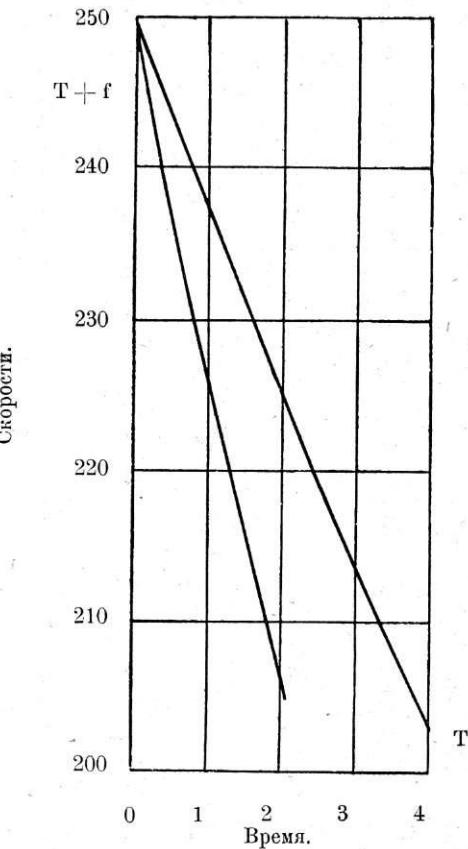
Возбуждение, въ Членія по ватт-амперахъ. Членія по ватт-метру. Ватты.

2,8	25	2845
3,18	26	2960
4,65	29	3300
5,75	31	3530
6,45	33	3760
7,35	38	4330

Синхронный двигатель въ 100 лоп. силъ. Холостой ходъ.		
Возбуждение въ амперахъ.	Членія по ватт-амперахъ.	Ватты.
4,15	50	5700
5,4	50	5700
6,25	50	5700
7	50	5700

Анализъ результатовъ и выводы.

Для того, чтобы опредѣлить ошибки на протяженіи всей шкалы и исключить въ то же время ошибки въ чтеніи во время выбѣрки, каждая таблица полученныхъ чиселъ воспроизводится графикомъ. Для тахометровъ альтернатора и турбины, опредѣлены коэффициенты поправокъ, которые могутъ быть рассматриваемы какъ независимые отъ чтенія, равны



Фиг. 58. Результаты опытовъ для определенія механическихъ потерь, T , турбины, работающей въ холостую.

Работа нажима—17,7 л. с.

$$T \quad \lg \alpha_1 = 13$$

$$T + f \quad \lg \alpha_2 = 24$$

$$11 T = 17,7 \times 13$$

$$T = 20,9 \text{ л. с.}$$

$$\frac{T}{T + f} = \frac{13}{24}$$

$$T + f = 24$$

соответственно 0,967—для первого, а 1,2—для второго. Для избѣжанія извѣстной неточности теоретического определенія паденія напряженія альтернаторовъ были произведены опыты по двумъ способамъ: Бенъ-Эшенбурга, коротко замыкая двѣ фазы, и Роттера, немного отличающагося отъ предыдущаго, коротко замыкая три фазы, при чмъ второй способъ теоретически болѣе точенъ.

1. Способъ Бенъ-Эшенбурга:

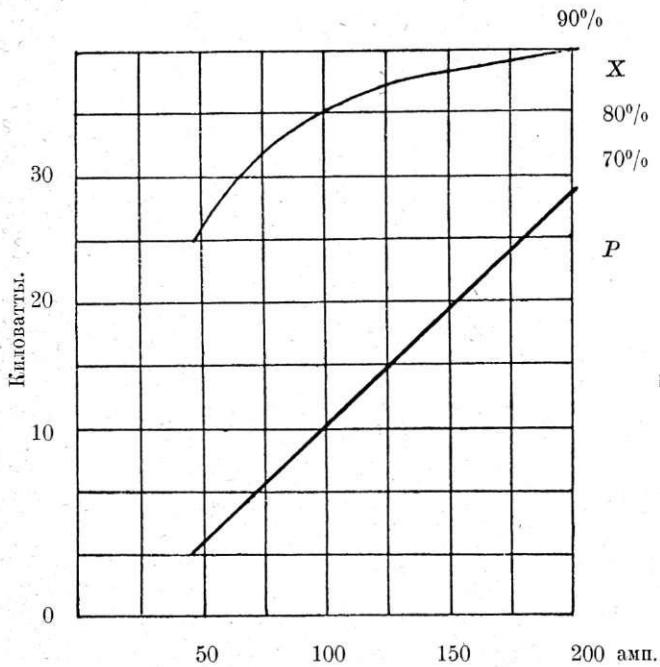
Определеніе кажущагося сопротивленія въ функціи возбужденія $R_{каж.} = \frac{E}{I}$

Возбуждение.	E.	I.	R _{кажд.}
10 амп.	43 вольта.	950	0,0452
20 "	84 "	1900	0,0442
30 "	115 "	2850	0,0403
40 "	139 "	3800	0,0365
50 "	155 "	4750	0,0326
60 "	164 "	5700	0,0288

Характеристика при нагрузке и при $I=1620$ амп.

Возбуждение, въ амперах.	R _{кажд.}	R	I	E	U	Cosφ=1.	Cosφ=0,75
10	0,0452	73,2	43	—	—	—	—
20	0,0442	71,6	84	39	17	—	—
30	0,0403	65,3	115	89	59	—	—
40	0,0365	59,1	139	120	90	—	—
50	0,0326	52,8	155	141	112	—	—
60	0,0288	46,5	164	152	127	—	—

На графикѣ (фиг. 56) нанесены характеристики, соответствующія полной нагрузкѣ для $\cos \varphi=1$ и для $\cos \varphi=0,75$.



Фиг. 59.

Синхронный двигатель въ 50 л. с. X—коэффициентъ полезного дѣйствія. Р—мощность, имѣющаяся въ распоряженіи.

2. Способъ Ротерта. Сущность этого способа состоить въ слѣдующемъ:

Если пренебречь паденіемъ напряженія отъ омического сопротивленія и сопротивленія отъ токовъ Фуко, то токъ возбужденія J необходимый для того чтобы дать I амперъ при e вольтахъ и данномъ $\cos \varphi$ получается построениемъ треугольника (фиг. 61), где J_a сила тока возбужденія, необходимая для того, чтобы дать e вольтъ при холостомъ ходѣ, J_a —сила тока возбужденія необходимая для получения I амперъ въ короткомъ замыкании и J —искомая сила тока возбужденія. Уголъ $(J_a J) = 90^\circ + \varphi$. Прежде чѣмъ примѣнить этотъ способъ, отыщемъ омическое паденіе напряженія. Оно равно

$$0,000416 \cdot 1620 \cdot 1,73 = 1,17 \text{ вольтъ, или прибл. } 1\%.$$

Если для токовъ Фуко удвоить это число, то получается 3% (уголъ $\alpha=85^\circ$) предыдущаго способа даетъ

5% для этой величины, то это число вѣроятно преувеличено.

1. Для $\cos \varphi=1$ имѣемъ
 $e=125$ в.; $I=1620$ амп.; $J=33,3$ амп.;
 $J_a=20,6$ амп.; $J=39,2$ амп.;
 $E=139$ в.

откуда получаемъ паденіе напряженія

$$\frac{139-125}{125} = 11,2\%$$

Всего, прибавивъ омическое паденіе и отъ токовъ Фуко— 14% .

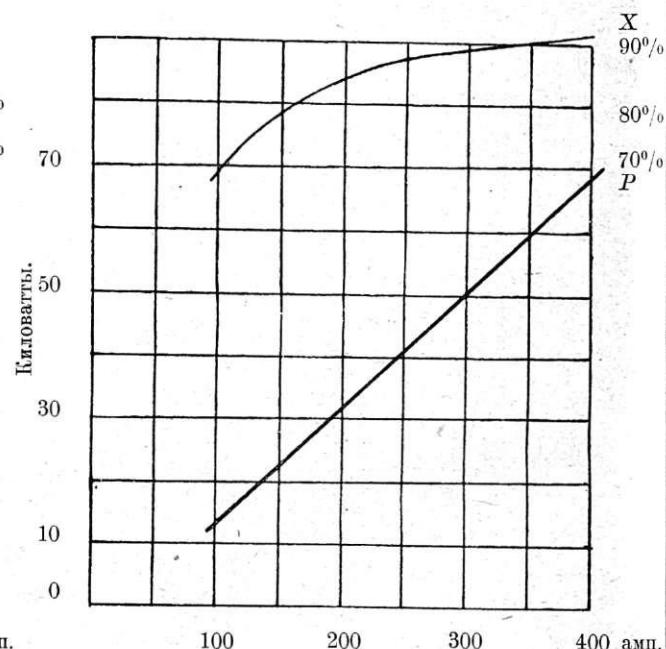
2. Для $\cos \varphi=0,75$ получаемъ

$$J = \sqrt{33,3^2 + 20,6^2 + 2 \cdot 20,6 \cdot 33,3 \cdot 0,66} = 48,5 \text{ амп.}; E=154 \text{ в.}$$

откуда паденіе напряженія

$$\frac{154-125}{125} = 23,2\%$$

т. е. всего 26% .



Фиг. 13. Синхронный двигатель въ 100 л. с. X—коэффициентъ полезного дѣйствія. Р—мощность, имѣющаяся въ распоряженіи.

Оба способа, въ результатахъ, даютъ слѣдующія числа для паденія напряженія при 125 в. и 1620 амп.

B—Э.	P.
$\cos \varphi=1 \dots 14\%$	14%
$\cos \varphi=0,75 \dots 30\%$	26%

Для измѣренія полезного дѣйствія альтернатора пользовались способомъ Рутена. Альтернаторъ пустили въ ходъ съ помощью его турбины и затѣмъ, рѣзко прерывая доступъ воды, брали кривыя увеличенія скорости:

1. Для альтернатора безъ нагрузки (работа тренія и сопротивленія воздуха, A_0 , альтернатора + работа тренія и сопротивленія воздуха, T , турбины, работающей безъ альтернатора).

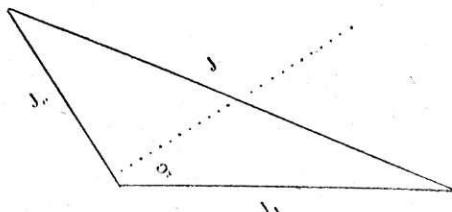
2. Для альтернатора, возбуждаемаго токомъ, приблизительно въ 33 ампера, соответствующимъ нормальному напряженію на характеристицѣ при холостомъ ходѣ. (A_0 +гистерезисъ и токи Фуко, $A_{33}+T$).

3. Для альтернатора безъ нагрузки съ нажимомъ въ 61,2 кгр., на соединительной муфтѣ въ 1,38 м. діаметромъ ($A_0 + T + f$). Величина f для скорости въ 300 оборотовъ въ минуту, т. е. 5 оборотовъ въ секунду, будетъ, такимъ образомъ, равна

$$\frac{61,2 \cdot \pi \cdot 1,38,5}{75} = 17,7 \text{ лош. силы.}$$

(Весь груза 60 кгр. + вѣсъ крюка 1,2; рычагъ уравновѣшенъ).

Для опредѣленія T турбина была отѣлена отъ альтернатора, и затѣмъ была снята кривая увелич-



Фиг. 61.

нія скорости: для турбины отѣльно, T ; для турбины съ нажимомъ на соединительной муфтѣ (условія подобны предыдущимъ), $T + f$ ¹⁾.

Этотъ рядъ механическихъ измѣреній далъ:

1. Для величины A_0 потерь альтернатора безъ нагрузки, отъ тренія и сопротивленія воздуха, — 5 л. с., т. е. 1%.

2. Для величины A_{33} потерь отъ гистерезиса и токовъ Фуко, при 33 амп. возбужденія, — 19,83 л. с., т. е. 3,96%. Что касается потерь отъ явленія Джоуля въ индукторѣ и арматурѣ, то они были опредѣлены вычитаніемъ омического сопротивленія этихъ цѣпей изъ общей суммы. Они оказались равными 1,01% — въ арматурѣ, и 1,2% — въ индукторѣ²⁾.

Полезное дѣйствіе альтернатора, при $\cos \varphi = 1$, равно

$$\frac{350}{350 + 3,68 + 14,6 + 3,55 + 4,2} = \frac{350}{376,03} = 93,07\%$$

если не считать полезнаго дѣйствія возбудителя и,

$$\frac{350}{350, 3,60 + 14,6 + 3,55 + 9,2} \cdot \frac{100}{80} = \frac{350}{377,08} = 92,81\%,$$

если считать п. д. возбудителя = 80%.

Альтернаторъ нагружался реостатомъ, сдѣланымъ изъ листового желѣза, погруженного въ пропочную воду³⁾. Такимъ образомъ, была получена на-

1) Второе измѣреніе съ нажимомъ необходимо, такъ какъ всѣдѣствіе отѣлениія альтернатора, измѣнилась масса системы и разстояніе ея центра тяжести отъ оси вращенія.

2) Арматура состоитъ изъ 20 параллельно соединенныхъ катушекъ на фазу (три фазы соединены звѣздой). Средній витокъ имѣлъ 208 см. длиной и каждая катушка состояла изъ 6 витковъ; такимъ образомъ, полная длина = 12,5 см. Диаметръ каждой проволоки равнялся 6,2 мм.; (30,3 мм.² почер. сѣч.). Полное сѣченіе, слѣдовательно, $30 \cdot 20 = 600$ мм.² и сопротивленіе на фазу въ нагрѣтомъ состояніи $20 \cdot \frac{12,5}{1000} = 0,000416$ амп. Съ другой стороны, сопротивленіе индуктора оказалось равнымъ 2,25 амп. Потери отъ явленія Джоуля = въ арматурѣ $3,000416 \cdot \frac{1690^2}{1000} = 3550$ ваттъ, т. е. 1,01%; въ индукторѣ $2,25 \cdot 43,2^2 = 9200$ ваттъ, т. е. 4,2% (цифра 43,2 амп. принятая для силы тока возбужденія при опытѣ ниже описаніемъ).

3) Эта реостатъ состояла изъ трехъ пластинъ листового желѣза толщиной въ 0,5 мм., разрѣзанныхъ такимъ

грузка¹⁾ въ 339 киловаттъ (при 1540 амп. и 132 в.). Соответствующее возбужденіе равнялось 43,2 амп. Послѣ 3/4 часа работы, температура обмотокъ достигла 42° (въ арматурѣ) и 49° (въ индукторѣ). Листы реостата нагрѣлись до 89,5°. Окружающая температура = 14°. Во время работы альтернатора былъ измѣренъ расходъ воды, который оказался равнымъ 174 литрамъ въ сек.²⁾. Изъ этого можно вывести приблизительное полезное дѣйствіе турбины (предполагая всѣ три фазы нагруженными одинаково). Высота паденія равнялась 280 м., нагрузка альтернатора около 334 к. в. и его полезное дѣйствіе — 93,07%; отсюда полезное дѣйствіе турбины

$$334000 \cdot \frac{100}{93,07} \cdot \frac{1}{738} \cdot 75 \cdot \frac{1}{174,280} = 0,74.$$

Второй опытъ былъ сдѣланъ съ приблизительно половинной нагрузкой. Приблизительное полезное дѣйствіе = 77,8%³⁾.

Для измѣренія полезнаго дѣйствія трансформаторовъ въ 175 киловаттъ Е. Лабура были примѣнены не тѣ способы, которые были предусмотрѣны, за неимѣніемъ необходимыхъ приборовъ. Были измѣрены потери: при холостомъ ходѣ (отъ гистерезиса и токовъ Фуко въ желѣзныхъ сердечникахъ), ρ ; отъ явленія Джоуля въ цѣпіи низкаго напряженія J_h ; отъ явленія Джоуля въ цѣпіи высокаго напряженія J_v . Полезное дѣйствіе было вычислено по формулѣ

образомъ, что онѣ образовали непрерывную ленту шириною въ 9 см. Такимъ образомъ, были устроены 3 ленты длиной 17 м. по концамъ соединенные одна съ другой и поддерживавшіяся на разстояніи 50 см. одна отъ другой съ помощью деревянныхъ поперечинъ. Все это было погружено въ каналъ и поддерживалось тяжелыми камнями.

1) Точное измѣреніе нагрузки требовало чтенія на каждой фазѣ, т. е. по тремъ амперметрамъ въ 2000 амп. или, что лучше, надо было пользоваться точнымъ ваттметромъ. Постоянная ошибка не имѣть во всякомъ случаѣ никакого вліянія съ точки зренія электрическихъ опытовъ, такъ какъ дѣло шло лишь о провѣркѣ опредѣленныхъ условій работы.

2) При ширинѣ слоя воды въ 1,32 м., толщина его достигала 18 см. для работы турбины альтернатора и турбины возбудителя. Закрывая доступъ къ первой турбинѣ, получили слой въ 0,6 см., соответствующій потребленію турбиной возбудителя. Всѣдѣствіемъ неправильности каменной кладки стѣнъ водослива былъ принятъ коэффиціентъ расходъ, равный 0,41. Такимъ образомъ, расходъ (потребленіе) воды турбиной альтернатора равнялся $0,41 \cdot 1,32 \cdot 0,174 \cdot \sqrt{2g} \cdot 0,174 = 174$ литрамъ.

3) При испытаніи гидравлическихъ механизмовъ для полученія точныхъ результатовъ необходимо пользоваться ваттметромъ для измѣренія электрической энергіи, даваемой альтернаторомъ.

4) Приблизительная мощность (выведенная изъ измѣреній на фазѣ) даваемая альтернаторами, равнялась

$$126,9 \cdot 772 \sqrt{3} = 169000 \text{ ваттъ, т. е. 230 л. с.}$$

Потери въ альтернаторахъ были: отъ сопротивленія воздуха — 5 л. с.; отъ гистерезиса и токовъ Фуко — 19,83 л. с.; явленія Джоуля (индукторы) — 5,7 л. с., (въ арматурѣ) —

$$- 3 \frac{0,000416 \cdot \frac{800^2}{1000}}{736} = 1,1.$$

Турбина давала на валу альтернатора 261,63 л. с. Съ другой стороны, расходъ воды равнялся $0,40 \cdot 1,32 \cdot 0,114 \sqrt{2g} \cdot 0,114 = 0,090 \text{ м}^3 = 90 \text{ литровъ}$.

Приблизительное полезное дѣйствіе, такимъ образомъ, равно

$$\frac{261,63 \cdot 75}{90 \cdot 280} = 0,778.$$

Разница въ 3,8% между полезнымъ дѣйствіемъ при полной и половинной нагрузкахъ принадлежитъ къ числу ошибокъ отъ несимметричности отѣльныхъ секций реостата, въ случаѣ когда берутъ сѣченія лишь на одной фазѣ.

$$x = \frac{175000}{175000 + p_0 + J_b + J_h}$$

Для количествъ, находящихся въ знаменателѣ были получены слѣдующія величины:

$$\begin{aligned} p_0 &= 3987 \text{ ваттъ} \\ J_b &= 3R_1, J_1^2 = 875^2 \cdot 0,000324 = 745 \text{ ваттъ} \\ J_h &= 3R_1, J_2^2 = 7,57^2 \cdot 3,82 = 658 \text{ ваттъ.} \end{aligned}$$

На фазу низкаго напряженія — 13 витковъ въ 850 мм.² общаго поперечнаго сѣченія. Длина средняго витка — 1,06 м. $R_1 = \frac{20}{850} \cdot \frac{13,8}{1000} = 0,000324$.

На фазу высокаго напряженія — 1510 витковъ въ 11,34 мм.² сѣченіемъ. Длина средняго витка — 1,44 м. —

$$R_2 = \frac{20}{11,34} \cdot 2,17 = 3,82.$$

Такимъ образомъ,

$$x = \frac{175000}{180370} = 97\% \text{ для } \cos\varphi = 1.$$

$$x = \frac{175000}{181481} = 96,4\% \text{ для } \cos\varphi = 0,75.$$

Испытанія синхронныхъ двигателей имѣли цѣлью: опредѣленіе полезнаго дѣйствія двигателей при полной нагрузкѣ, и построеніе графиковъ, дающихъ, въ функции числа амперъ, мощность, которой располагаютъ на валу, предполагая сдвигъ фазы соотвѣтствующей $\cos\varphi = 0,9$ и постоянное напряженіе въ 120 вольтъ ¹⁾.

Для этого были измѣрены: ватты, потребляемые имъ холостомъ ходъ, W_0 ; сопротивленіе арматуры (на фазу) — R .

Обозначая чрезъ I силу тока, получаемъ выраженія для мощности на валу

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - W_0 - 3R I^2$$

и для полезнаго дѣйствія

$$x = \frac{P}{120 \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot 0,9}$$

Для двигателя въ 50 лош. силъ было получено $W_0 = 3530$ ваттъ (при возбужденіи = 5,75 ампера), $R = 0,00336$, слѣдовательно

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - 3530 - 3 \cdot 0,00336 \cdot I^2$$

и

$$x = \frac{P}{0,9 \cdot 120 \cdot I \sqrt{3}}$$

Эти результаты уже представлены на графикахъ, приложенныхъ къ наст. статьѣ.

Для полной нагрузки, т. е. для

$$\begin{aligned} I &= 197 \text{ амп. получаемъ} \\ &x = 89,2\%. \end{aligned}$$

Для двигателя въ 100 л. с. было получено

$$\begin{aligned} W_0 &= 5700 \text{ ваттъ} \\ R &= 0,0024 \end{aligned}$$

откуда

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - 5700 - 3 \cdot 0,0024 \cdot I^2$$

и

$$x = \frac{P}{0,9 \cdot 120 \cdot \sqrt{3} \cdot I}$$

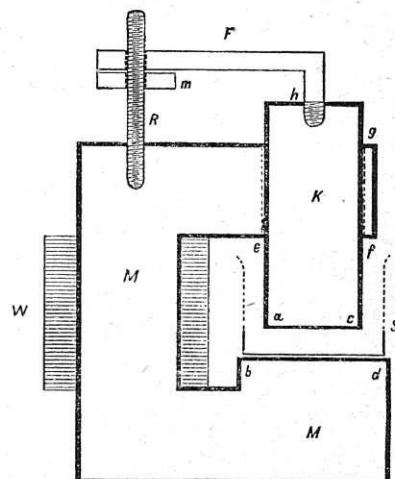
результаты также представлены графически.

¹⁾ Двигатель установленный на фабрикѣ Латума.

Для полной нагрузки, т. е. $I = 394$ амп. получаемъ $x = 90,6\%$.
(L'Écl. Él. № 40).

НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

О вращеніи электролитовъ въ магнитномъ полѣ. — О. Урбашъ произвелъ очень интересный опытъ, показывающій возможность воздействиія магнитнаго поля на электролиты. Фиг. 62 показываетъ схематически расположение его опыта. W —



Фиг. 62.

катушка и M — сердечникъ образуютъ сильный электромагнитъ, дающій поле съ 6000—10000 линій на 1 кв. стм. Въ одномъ изъ колѣнъ подковообразнаго сердечника продѣланъ ходъ, въ которомъ находится подвижной якорь K , перемѣщаемый помошью винта m . Въ воздушномъ промежуткѣ $acdb$ помѣщена стеклянная чашечка S , заключающая въ себѣ электролитъ или, вѣрнѣ, два электролита: напр. слой крѣпкой сѣрной K и надъ нимъ слой слабой; или внизу слой крѣпкаго раствора хлорной мѣди, а надъ нимъ слой солянной K и т. д. Какъ видно изъ фигуры, поверхность ac меньше, чѣмъ bd , такъ что потокъ магнитныхъ линій имѣть видъ конуса. При замыканіи тока электромагнита, жидкость приходить въ движение, замѣтное особенно ясно, если посыпать на нес порошокъ ликоподія. Доказательствомъ того, что движение электролита обусловливается именно дѣйствіемъ магнитнаго поля, а не случайными посторонними причинами, служитъ то обстоятельство, что жидкость начинаетъ двигаться въ противоположную сторону при обращеніи тока. Направленіе движенія электролита зависитъ не только отъ направленія магнитнаго поля, но и отъ природы обѣихъ жидкостей. Такъ, движение системы: крѣпкій растворъ $CuCl_2 +$ слабая HCl совершается по другому направлению, чѣмъ $CuCl_2 +$ крѣп. растворъ HCl . Движеніе электролита продолжается лишь до тѣхъ поръ, пока оба слоя электролита не смѣшались другъ съ другомъ; послѣ этого оно прекращается.

Урбашъ, на основаніи современной теоріи электролиза, объясняетъ вращеніе электролитовъ въ магнитномъ полѣ слѣдующимъ образомъ. На границѣ обоихъ слоевъ жидкости, вслѣдствіе различнаго осмотического давленія, происходитъ диффузія растворенныхъ частицъ изъ одного слоя въ другой; такъ какъ разноименные ихъ ионы движутся, вообще говоря, съ различной скоростью, то въ слояхъ, безконечно близкихъ къ пограничной плоскости, преобладаютъ

какие-нибудь определенные ионы, напр., положительные или отрицательные. Эти несущие электричество и движущиеся ионы подобно токам образуют магнитное поле, вследствие этого отклоняются расходящимся винтим магнитным полем и вызывает вращение жидкости. Объяснение Урбана подтверждается тем, что вращение жидкости происходит всегда по направлению, определяемому теорией, т. е. по правилу Ампера. Подобным же образом объясняется и следующий опыт. Чашечка *S* наполняется кислотой лишь одной концентрацией и на дно ее кладется металлическая пластинка, покрытая с обратной стороны парафином. При замыкании тока электромагнита опять замечается движение жидкости, вызываемое, на этот раз, растворением металла в кислоте и вследствие этого увеличением содержания в промежуточном слое одного из ионов. При употреблении крепкого раствора медного купороса и цинковой пластинки вращение жидкости около окружности сосуда совершается со скоростью 5—10 см. в секунду.

(Zt. f. Electrochemie, 1900, т. VII, № 10).

Действие магнитного поля на электролиты.—Опыты Камишель и Свингедау, отличаясь по своему расположению от вышеизложенных опытов Урбана, доказывают, как и та, существование взаимодействия между магнитным полем и электролитами. Опыты были произведены следующим образом. Две последовательно соединенные между собой катушки представляли первичную обмотку трансформатора, вторичная обмотка которого была образована электролитом, а именно сирной кислотой уд. в. 1,2. Кислота находилась в резиновой велосипедной шине, которая была извита в виде винтовой линии и находилась между обеими первичными катушками, расположенным так, что оси их лежали на одной прямой линии. Концы шины были вделаны в эbonитовые наконечники и сообщались друг с другом стеклянной трубкой сечения в 1 кв. мм. Чрез первичную катушку трансформатора пропускался ток напряжением 190 вольт, частоты 60 в секунду. Если бы вторичная катушка системы состояла из металла и представляла сопротивление, одинаковое с сопротивлением электролита (70-ом), то в ней наводилась бы электродвижущая сила 3,5 вольт и развивалась бы, согласно закону Джоуля, малая калория в 2 минуты. Авторы не могли подтвердить эти числа количественно, но помощью термоэлемента из константана и железа им удалось с несомненностью доказать повышение температуры электролита в стеклянной трубке, которое не может быть объяснено иначе, как образованием в электролите наведенных токов при работе первичных катушек.

(C. R. 1900, т. CXXXI, № 6).

Образование намагниченных осадков при электролизе солей магнитных металлов в магнитном поле.—Этот интересный, не раз уже изучавшийся вопрос был недавно вновь изслѣдован Мореном. Он брал для электролиза растворы сирнокислой закиси железа и пирофосфорного натрия, из которых получались прекрасные, плотные и блестящие осадки. Катодом служил прут латуни, 50 см. длины и 4 мм. в перечнике, помещенный по оси, магнетизирующей катушки. Нижний конец прута находился на одном уровне с центром зеркала магнетометра, которым измѣрялось намагничивание катодного отложения. Действие на магнетометр намагничающей катушки было, конечно, компенсировано. Морен нашел, что, за исключением первых минут, когда отложение железа не сопровождается действием на магнетометр, намагничивание осадка усиливается пропорционально

времени, т. е. следующие друг за другом слои частиц железа намагничиваются одинаково сильно (впрочем вся толщина осадков не превышала нескольких микроновъ).

Въ противоположность Бетцу, утверждавшему, что магнитное насыщение достигается электролитически осаждаемым железомъ даже въ слабомъ полѣ, Моренъ получил результаты, показывающие, что сила намагничивания возрастаетъ съ силой магнитного поля. Магнетизмъ электролитического осадка ослабѣваетъ лишь въ ничтожной степени при удалении намагничающей силы; точно также онъ очень мало чувствителенъ къ толчкамъ. Въ связи съ этимъ находится чрезвычайно высокий гистерезисъ при циклахъ намагничивания, при чёмъ обращение магнетизма совершается почти внезапно, въ очень узкой области поля. Подобный же характеръ представляетъ намагничивание электролитическихъ осадковъ никеля, съ той лишь разницей, что здесь при магнитныхъ циклахъ обращение магнетизма совершается вполнѣ постепенно.

(C. R. 1900, т. CXXXI, № 7).

О термоэлектрическихъ свойствахъ стали.—Беллокъ изслѣдовалъ температурный коэффициентъ $\frac{dE}{dt}$ электродвижущей силы термопары сталь—платина, въ предѣлахъ температуры между 15 и 1200°. Изслѣдованию были подвергнуты три образца: мягкое железо, содержащее лишь слѣды углерода, мягкая сталь съ 0,30% С и твердая сталь съ 1,25% С. Во всѣхъ случаяхъ оказалось, что коэффициентъ имѣетъ 2 минимума и одинъ максимумъ; для первого образца были найдены: 1-й min., при 470°=9,9 микровольтъ, max. при 860°=19,2 мв., 2-ой min. 940°=11,2 мв.; для второго образца: 1-й min.: 470°=9,8 мв.; max.: 770°=18,4 мв.; 2-ой min.: 900°=9,6 мв.; для третьего: 1-й min.: 470°=мв.; max.: 650°=14,4 мв.; 2-ой min.: 800°=7 мв. Величины термоэлектродвижущей силы при охлажденіи меньше, чѣмъ при нагреваніи; разница эта въ особенности велика при температурахъ, лежащихъ между самой высокой точкой, до которой доходитъ нагреваніе и какой-нибудь изъ вышеуказанныхъ максимальныхъ температуръ. Авторъ видѣтъ причину этого явленія частью въ вязкости металла, частью въ гистерезисѣ.

(C. R. 1900, т. CXXXI № 5).

Измѣненія длины железной проволоки въ магнитномъ полѣ.—Пользуясь дилатометромъ, увеличивающимъ въ 12700 разъ, Аустинъ изслѣдовалъ удлиненіе проволоки изъ мягкаго железа подъ вліяніемъ магнитного поля. Пучекъ изъ проволокъ, 27,5 см. длины и 0,14 см. поперечника, подвергался дѣйствию поля силой отъ 7,5 до 37,5 единицъ. Поле производилось какъ постоянными, такъ и переменными токами, отъ 10 до 120 периодовъ въ секунду. Оказалось, что удлиненіе железной проволоки сперва возрастаетъ вмѣстѣ съ силой магнитного поля, но между *H*=50 и *H*=100 достигаетъ наибольшей величины и затѣмъ уменьшается. Кривые, выражаютія зависимость между удлиненіемъ проволоки и силой поля при различной частотѣ магнетизирующего тока, идуть почти параллельно другъ другу, при чёмъ удлиненіе уменьшается съ частотой тока; вліяніе послѣдняго фактора авторъ приписываетъ его дѣйствию на магнитную проницаемость железа.

(Phys. Review. 1900).

Определеніе частоты переменного тока.—Чрезвычайно простой и удобный способъ определенія частоты переменного тока описывается Самойловъ въ одной изъ книжекъ Drude's Annalen. Способъ этотъ основанъ, съ одной стороны, на свойствѣ на-

шего глаза сливать быстро слѣдующія другъ за другъ зрителънія впечатлѣнія въ одну цѣльную картины, съ другой—на томъ обстоятельствѣ, что калильныя или дуговыя лампы, питаемыя переменнымъ токомъ, испускаютъ свѣтъ не постоянной, а колеблющейся силы, т. е. мигающей съ быстротой, соответствующей частотѣ тока. Для определенія послѣдней, Самойловъ употребляетъ вращающейся диска, раздѣленный на рядъ чередующихся между собой бѣлыхъ и черныхъ секторовъ. При нѣкоторой быстротѣ вращенія такой диска, будучи освѣщенъ лампой переменного тока, кажется стоящимъ на мѣстѣ; очевидно, это случается тогда, когда чрезъ какую-нибудь точку пространства проходить число секторовъ, равное числу максимумовъ освѣщенія, т. е. числу переменъ питающаго тока. Если, напр., дискъ состоитъ изъ 5 черныхъ и 5 бѣлыхъ секторовъ, а кажущаяся неподвижность его устанавливается при 5 оборотахъ въ секунду, то частота тока лампы равна 50. Конечно, помошью вращающейся диска такъ-же легко отличать лампочки, питаемыя постояннымъ токомъ отъ лампочекъ переменного тока.

Продолжительность возникновенія рентгеновскихъ лучей.—При попыткахъ измѣрить скорость распространенія рентгеновскихъ лучей, Брюнъ натолкнулся на явленія, указывающія, что продолжительность возникновенія этихъ лучей представляеть собой величину значительно большаго порядка, чѣмъ продолжительность возникновенія электрической искры. Слѣдующій опытъ далъ Брюну возможность приблизительно изслѣдовать эту величину. Въ диске, 55 см. діаметра и 1 мм. толщины, были вырѣзаны по радиусамъ по рядамъ круглыхъ отверстій, пяти мм. въ поперечнику. Помошью маленькаго трехфазнаго двигателя дискъ приводился во вращеніе, дѣля до 1200 оборотовъ въ минуту. Въ 40 см. позади диска помѣщалась Круксовы трубка, испускавшая рентгеновскіе лучи; въ 3—4 см. предъ нимъ—экранъ, покрытый платиноантистымъ баріемъ. При дѣйствіи круксовой трубки и при вращеніи диска, на экранѣ получались свѣтлые, флуоресцирующія пятна—изображенія отверстій диска; пятна на эти перепрыгивали съ одного мѣста экрана на другое, но несмотря на это, ясно можно было видѣть, что онѣ имѣли не круговую форму, а эллиптическую, съ большой осью, перпендикулярной соответствующему радиусу диска. Удлиненіе діаметра пятна представляеть собой тотъ путь, который проходитъ данная часть диска за время возникновенія группы рентгеновскихъ лучей, соответствующей каждой отдельной искрѣ Румкорфовой катушки. Удлиненіе это было въ среднемъ равно $1/2$ настоящаго діаметра отверстій диска, откуда, принимая во внимание размѣры диска, быстроту его вращенія и т. д.,—продолжительность образования рентгеновскихъ лучей опредѣляется въ $1/12500$ сек. Впрочемъ, величина эта мѣняется для различныхъ трубокъ, а также, по-видимому, для различныхъ разстояній между катодомъ и антикатодомъ трубки.

(С. R., т. СXXX, 1900).

Образованіе рентгеновскихъ лучей при помошіи постояннаго тока. Въ Джессерсоновской физической лабораторіи Траубриджъ установилъ недавно батарею изъ 20000 аккумуляторовъ. Располагая, такимъ образомъ, постояннымъ токомъ напряженія до 4000 вольтъ, Т. получиль съ ся помошью рентгеновскіе лучи необычайной силы, дающіе чрезвычайно рѣзкіе негативы, на которыхъ даже замѣты сѣды тѣней отъ мышцъ и связокъ. Когда рентгеновская трубка соединяется съ полюсами батареи, въ ней еще не появляется тока; трубку нужно для этого нагрѣть Бунзеновской горѣлкой. Рентгеновскіе лучи получались не сразу, но лишь въ тотъ моментъ, когда антикатодъ достигалъ вишнево-краснаго кале-

нія. Когда антикатодъ накалялся до бѣла, Рентгеновскіе лучи исчезали. Чтобы избѣгнуть этого Траубриджъ вводилъ сопротивленіе въ 4.00000 омовъ, изъ дистиллированной воды. Новый способъ образованія рентгеновскихъ лучей представляеть то большоѣ преимущества, что позволяетъ точно регулировать какъ силу, такъ и напряженіе тока.

(Amer. Journ. Sc. 1900, Іюнь).

Изслѣдованія надъ образованіемъ магнитнаго поля при движеніи наэлектризованныхъ тѣл.—Нѣсколько времени тому назадъ Роуланду удалось обнаружить образованіе магнитнаго поля при вращеніи наэлектризованныхъ диска, дѣйствіемъ послѣдняго на магнитную иглу. Кремье повторилъ эти опыты, нѣсколько измѣнивъ методъ и изслѣдуя не магнитное, а индуктивное дѣйствіе вращающагося наэлектризованныхъ тѣлъ на сосѣдніе проводники. Изолированный дискъ 37 см. въ поперечнику вращался вокругъ стальной оси въ пространствѣ, шириной 8 мм., образованномъ двумя стальными листами и литымъ вѣнцомъ; въ послѣднемъ, концентрически съ вращающимся дискомъ, была расположена катушка изъ 1300 витковъ мѣдной проволоки, толщиной 0,15 мм. Все вмѣстѣ составляло, такимъ образомъ, конденсаторъ; стальные листы были отведены къ землѣ; концы катушки соединялись съ чувствительнымъ гальванометромъ. Помощью особаго прерывателя дискъ могъ заряжаться и разряжаться нѣсколько разъ въ секунду; тотъ-же прерыватель сообщалъ гальванометру дѣйствія только зарядокъ или только разрядокъ. Было произведено три ряда опытовъ: два съ алюминиевыми дисками, одинъ съ дискомъ изъ эбонита, разбитымъ на секторы: ни въ одномъ случаѣ не наблюдалось отклоненія гальванометра. Такимъ образомъ, опыты Кремье, въ противоположность опытамъ Роуланда, говорятъ противъ существованія магнитнаго дѣйствія вращающихся наэлектризованныхъ тѣлъ *).

(C. R. 1900).

ОБЗОРЪ.

Новыя фотометрическія измѣренія дуговыхъ лампъ.—По порученію комиссіи американской національной ассоціаціи электрическаго освѣщенія, проф. Мѣтьюсъ произвелъ рядъ фотометрическихъ измѣреній, давшихъ, на ряду съ извѣстными, и нѣкоторые новые, интересные результаты. Самый фотометръ, которымъ пользовался Мѣтьюсъ, также представляеть нѣкоторыя интересныя усовершенствованія. Прежде всего, въ этомъ фотометрѣ свѣтъ изучаемой лампы направляется на фотометрическую пластинку помошью не одного только, а двухъ зеркалъ, расположенныхъ съ двухъ сторонъ лампы. Благодаря этому, освѣщеніе фотометрической пластиинки получается гораздо болѣе равномѣрнымъ и постояннымъ, чѣмъ при употреблении одного зеркала. Для ослабленія различія въ цвѣтѣ лучей, падающихъ на фотометрическую пластиинку отъ обоихъ сравниваемыхъ источниковъ, служить вращающейся дискъ съ радиальными вырѣзами, который ослабляетъ освѣщеніе пластиинки до степени, при которой различіе въ окраскѣ перестаетъ мѣшать наблюдателю. Передвиженіе эталона (въ опы-

*). Такой результатъ опытовъ Кремье зависитъ, по всей вѣроятности, отъ какой-нибудь ошибки. Въ настоящее время трудно сомнѣваться въ томъ, что движущійся электрическій зарядъ образуетъ магнитное поле. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно взять Круксову трубку съ катоднымъ пучкомъ и приблизить къ ней магнитъ,—катодный пучекъ тотчасъ же отклонится.

Прим. ред.

такъ Мэтьюса таковыи служила лампочка накаливания, калиброванная предварительно лампой Геффнеръ-Альтенека) вдоль шкалы фотометра совершаются очень удобно съ мѣста наблюдений, помощью передаточного шнуря и ворота. Точно также наблюдателю облегчено отмѣчаніе результатовъ; на шкалу фотометра натянута для этого полоса бумаги, и наблюдатель, не сходя съ мѣста наблюдений, отмѣчаетъ на ней положеніе эталона проколомъ иглы, приводимой въ дѣйствіе электромагнитомъ, токъ котораго замыкается кнопкой. На разстояніи двухъ метровъ, подъ прямымъ угломъ къ фотометрической пластинкѣ, находится запасной эталонъ, служацій для контроля рабочаго при окончаніи каждого опыта или чаше. Зеркала расположены такъ, что лучи изучаемой лампы падаютъ на фотометрическую пластинку подъ угломъ къ нормали въ $50^{\circ} 54'$; такъ какъ косинусъ этого угла равенъ 0,9947, то получаемыя непосредственно числа, въ виду принципіальной неточности фотометрическихъ измѣреній, не нуждаются въ поправкахъ.

Изъ найденныхъ Мэтьюсомъ результатовъ укажемъ вкратцѣ слѣдующіе. При изслѣдованіи лампъ съ закрытой дугой оказалось, что положеніе дуги среди внутренняго шара имѣетъ большое влияніе на силу свѣта; послѣдній сильнѣе всего, когда дуга находится въ центрѣ шара; перемѣщеніе дуги въ нижнюю половину, а тѣмъ болѣе въ верхнюю, ослабляетъ свѣтъ лампы. При изученіи поглощенія свѣта шаромъ получились слѣдующія числа. Рядъ лампъ съ закрытой дугой и съ различными шарами получалъ токъ 4,9 амперъ, при напряженіи 80 вольтъ въ дугѣ и 30 въ добавочномъ сопротивлѣніи. Средня сферическая сила свѣта лампъ, была:

- 1) одинъ только шаръ, изъ опалового стекла—256 Геффнеровскихъ свѣчей;
- 2) внутренний шаръ опаловый, наружный прозрачный—207 свѣчей;
- 3) внутренний шаръ опаловый, наружный также—177 свѣчей.

Такимъ образомъ, одна свѣча потребляется: въ первой лампѣ 2,1 ватта, во второй—2,66, въ третьей—3,07.

Замѣна нижняго шара рефлекторомъ повышаетъ среднюю силу свѣта нижняго полушарія на 50%.

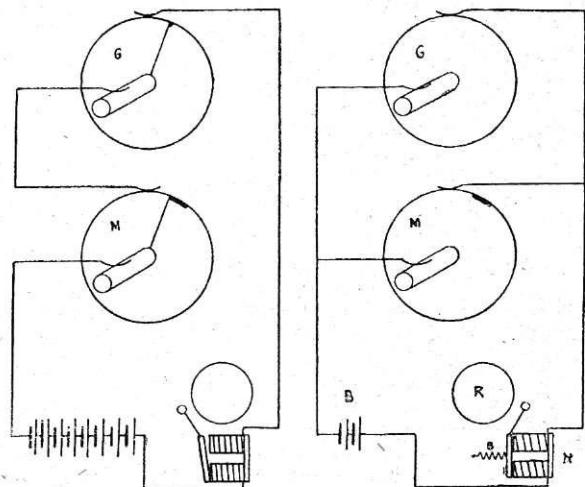
Сравненіе лампъ съ закрытой дугой при работѣ постояннымъ и перемѣннымъ токомъ дало слѣдующія числа. Средня сферическая сила лампы съ опаловымъ внутреннимъ и прозрачнымъ наружнымъ шаромъ была 207 свѣчей при работѣ съ постояннымъ токомъ и только 159 св. при работѣ съ перемѣннымъ. Еще большее различе получилось для средней силы свѣта нижняго полушарія; она составляла 273 св. въ первомъ случаѣ и только 190 св. во второмъ.

(Electrical Review, 1900).

Способъ Броуна измѣренія отставанія индукціоннаго двигателя. Обыкновенный способъ измѣренія отставанія индукціоннаго двигателя, состоять въ томъ, что при помощи счетчика оборотовъ измѣряютъ скорости генератора и двигателя, затѣмъ скорость генератора перечисляютъ на скорость машины, имѣющей то-же число полюсовъ, что и двигатель, и затѣмъ, вычитая одно изъ другого получаютъ отставаніе двигателя—способъ этотъ подверженъ многимъ недостаткамъ. Во первыхъ, самый способъ грубъ, такъ какъ заключается въ томъ, что, съ помощью измѣренія двухъ большихъ величинъ, опредѣляется сравнительно малая величина. Затѣмъ, во вторыхъ, приходится дѣлать два измѣренія, и ошибка въ одномъ изъ нихъ сильно вліяетъ на окончательные результаты. Напримѣръ, ошибка въ полъ-процента при измѣреніи скорости четырехполюснаго двигателя съ бою періодами, будетъ равна девяти оборотамъ. Если дѣйствительное запозданіе нагруженаго двигателя будетъ равно 5% или 90 оборотамъ, то вышеуказан-

ная ошибка повлечетъ ошибку въ 10% въ величинѣ запозданія двигателя. При малыхъ нагрузкахъ, когда дѣйствительное запозданіе обыкновенно меньше 1%, эта ошибка будетъ составлять болѣе 50%, и все опредѣленіе не будетъ имѣть никакого значенія. Методъ, примѣняемый Сименсъ и Гальске *), безспорно является болѣе совершеннымъ. Они примѣняютъ два различныхъ счетчика на генераторѣ и двигатель, которые, съ помощью электромагнитныхъ муфтъ, могутъ включаться и выключаться при нажимѣ ключа. Эта методъ, хотя и болѣе точный, допускаетъ тѣ же возраженія какъ и первый—отставаніе не измѣряется непосредственно. Существуетъ еще нѣсколько способовъ измѣренія съ помощью стробоскопа **), но всѣ они даютъ лишнюю работу глазамъ, которые и безъ того много работаютъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда вторичная цѣпь двигателя имѣетъ независимую обмотку, то отставаніе можетъ быть опредѣлено съ помощью измѣренія частоты индуктированнаго тока.

Нижеслѣдующій способъ, въ которомъ отставаніе измѣряется непосредственно, кажется автору свободнымъ отъ вышеописанныхъ недостатковъ. Два вращающихся замыкателя присоединяются—одинъ къ валу двигателя, а другой—къ валу генератора (или къ синхроничному двигателю, имѣющему то-же самое число полюсовъ, какъ и индуктивный двигатель и получающей токъ изъ той же цѣпи). Каждый изъ замыкателей въ теченіе одного полнаго оборота



Фиг. 63 а и б.

только разъ замыкаетъ токъ. Оба замыкателя послѣдовательно включены (фиг. 63а) въ цѣпь съ однодушнымъ звонкомъ и батареи.

Дѣйствіе этого приспособленія слѣдующее: при начальѣ опыта оба замыкателя ставятся въ такое положеніе, что они оба замыкаютъ цѣпь въ одинъ и тотъ же моментъ. Если отставанія нѣть, то тогда при каждомъ оборотѣ генератора и двигателя цѣпь, будетъ замыкаться, и звонокъ будетъ непрерывно звонить. Положимъ теперь, что отставаніе двигателя равно точно 2%; тогда, когда генераторъ сдѣлается одинъ оборотъ, то двигатель отстанетъ на 2% полнаго оборота, оба прерывателя въ цѣпи не замкнутся въ одно и то же мгновеніе, и звонокъ не издастъ звука. Однако, когда генераторъ сдѣлается 50 оборотовъ, то двигатель сдѣлается точно 49, оба контакта замкнутся въ одно и то-же мгновеніе, и звонокъ зазвонитъ вто-

* См. „Электричество“ т. г. № 8—9, стр. 23.

**) Одинъ изъ этихъ способовъ, а именно, способъ Гора, былъ описанъ въ нашемъ журнальѣ. См. Электричество т. г. № 3, стр. 47.

рой разъ, показывая отставание двигателя на одинъ оборотъ.

Если отставание двигателя нѣсколько болѣе или менѣе цѣлого числа оборотовъ, то оба замыкателя совпадутъ въ нѣкоторой точкѣ полного оборота, не совпадающей съ точкой замыканія и, такимъ образомъ, звонокъ не будетъ звонить. Предположимъ, что максимальное отставание двигателя равно 5%, и что контактная полоска замыкателя двигателя нѣсколько болѣе 5% окружности. При такихъ условіяхъ звонокъ будетъ звонить всякой разъ, когда двигатель отстанетъ на одинъ оборотъ. Если дѣйствительное отставание равно 1%, то мы услышимъ пять ударовъ колокольчика, соотвѣтствующихъ пяти первымъ оборотамъ; затѣмъ послѣдуетъ пауза въ теченіе 95 оборотовъ, и затѣмъ опять четыре или пять быстрыхъ ударовъ. Если отставание составляетъ 2%, то черезъ каждые 50 оборотовъ генератора звонокъ дастъ два или три послѣдовательныхъ удара, которые показываютъ, что двигатель отстаетъ на одинъ оборотъ. Для измѣрѣнія отставанія по этому способу, ст помошью секундомѣра опредѣляютъ время, въ теченіе которого двигатель опаздываетъ на нѣкоторое подходящее число оборотовъ. Напримѣръ, время измѣренное между первымъ ударомъ или группой ударовъ и двадцатью первымъ, будетъ составлять тѣ время, въ теченіе котораго двигатель теряетъ 20 оборотовъ. Положимъ, что оно равно 40 секундамъ; если двигатель четырехполюсный съ 60-ю периодами, то синхронична скорость будетъ 30 оборотовъ въ секунду. Тогда отставаніе, выраженное числомъ оборотовъ въ минуту, будетъ

$$\frac{20}{40} \times 60 = 30$$

и въ процентахъ

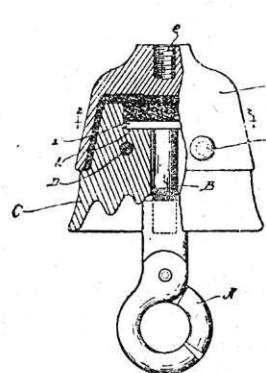
$$100 \times \frac{20}{40} \times \frac{1}{30} = 1,6\%$$

На практикѣ, при примѣненіи этого метода, встрѣчаются два затрудненія: во первыхъ, время контакта настолько коротко, что вслѣдствіе самоиндукціи цѣпіи токъ обыкновенно не успѣваютъ достигнуть такой силы, чтобы звонокъ позвонилъ, или же требуется слишкомъ высокое напряженіе. Кромѣ того, цѣпь обыкновенно прерывается съ замыкателемъ генератора, и это замыканіе бываетъ насколько коротко, что появляющаяся при этомъ искра—вредна и звонъ колокольчика ненадеженъ. Поэтому было сдѣлано слѣдующее измѣненіе этого способа, оказавшееся весьма удачнымъ. Дѣйствія замыкателей были сдѣланы обратными, т. е. они были устроены такъ, чтобы прерывать токъ на короткій промежутокъ въ теченіе каждого оборота. Оба такихъ прерывателя были соединены параллельно, а звонокъ приспособленъ такъ, что онъ звонилъ дѣйствіемъ пружины при прерываніи цѣпіи. Работа этого прибора аналогична съ вышеописаннымъ, но только въ этомъ случаѣ звонокъ звонитъ только тогда, когда цѣпь автоматически прерывается на обоихъ прерывателяхъ. Для того, чтобы обеспечить звонокъ при каждой потерѣ одного оборота одинъ прерыватель долженъ быть по окружности немнога длиннѣе, чѣмъ максимальное отставаніе, которое измѣряется (фиг. 63б). При этомъ измѣненіи прерыватели не горятъ отъ искръ. Такой прерыватель весьма легко устроить, взявъ мѣдное кольцо съ небольшой вырезкой и надѣвъ его на деревянный дискъ. Этотъ способъ постоянно употреблялся въ теченіе прошлаго года въ электрической лабораторіи университета въ Иллинойсѣ, и оказался весьма удовлетворительнымъ и удобнымъ.

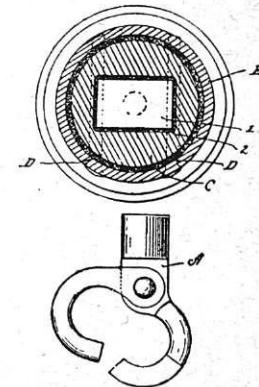
(Ed. World. 1900).

Изолированная подвѣска для дуговыхъ лампъ.—Новый типъ подвѣски для дуговыхъ лампъ, изобрѣтенный г. Георгомъ Кюттеръ въ Чикаго для фирмы, носящей это имя, показанъ на фиг. 64, 65.

Лампа, поддерживается крюкомъ А, сдѣланнымъ въ видѣ разъемнаго по длине на 2 части кольца, одна изъ которыхъ вращается на штифтѣ въ верхней части крюка, фиг. 65. Лампу подвѣшиваются, поднимая вращающуюся часть и продѣвая неподвижную часть кольца въ ушко на лампѣ, замыкаютъ затѣмъ подвижную часть, приводя въ положеніе, показанное на фиг. 64. Крюкъ А поддерживается болтомъ В, на который навинчивается болтъ В, въ свою очередь, поддерживается изоляторомъ С и снабженъ головкой I, изоляторъ же — опорной площадкой II, на которую головка I можетъ опираться. Отверстіе въ изоляторѣ С, черезъ которое проходитъ болтъ В, сдѣлано немнога шире болта съ той цѣлью, чтобы предупредить поломки и зажиманіе его. Опорная площадка II изолятора подъ головкой понижается настолько, чтобы образовать выемку для головки I болта В. Выемка сдѣлана по формѣ головки I, чтобы предупредить вращеніе и тѣмъ самымъ способствовать тому, чтобы поддерживавшій лампу крюкъ или кольцо А легко навинчивался и свинчивался съ болта. Изоляторъ С удерживается помошью шпилекъ DD, пропущенныхъ насквозь черезъ него, какъ показано на фиг. 64, 65. Эти шпильки находятся одна отъ



Фиг. 64.



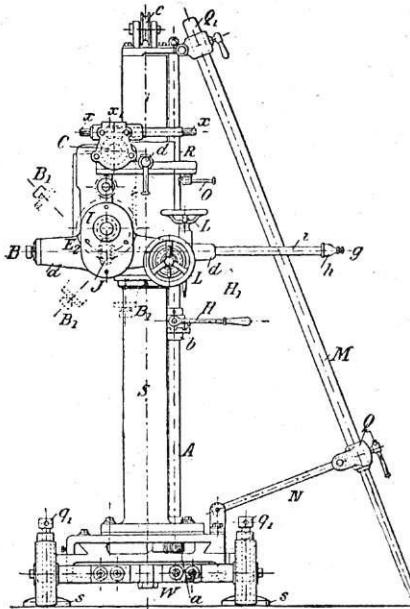
Фиг. 65.

другой на разстояніи меньшемъ, чѣмъ головка I болта В, какъ видно изъ фигуры. Въ случаѣ, если изоляторъ разбѣтъ, какъ это можно предполагать, то болтъ не выпадетъ, но будетъ задержанъ шпильками DD. Шпильки DD, въ свою очередь, удерживаются колпакомъ Е, который служитъ чехломъ и отчасти охватываетъ изоляторъ. Шпильки DD пропущены черезъ стѣнку колпака Е, какъ видно изъ фиг. 64, такъ что они могутъ быть вынуты и вставлены съ наружной стороны колпака. Этотъ послѣдній обыкновенно дѣлается металлическимъ. Углубленіе въ изоляторѣ сверхъ головки I болта заполняется изолирующимъ веществомъ; равно и пространство между колпакомъ и изоляторомъ. Верхній конецъ колпака Е снабженъ углубленіемъ въ винтовой нареѣзкой, куда можетъ быть ввинченъ конецъ крюка для укрѣпленія подвѣски. Подвѣску собираютъ, вставляя болтъ В въ изоляторъ С и затѣмъ захватывая крюкомъ А или кольцомъ за выступающій конецъ болта. Далѣе колпакъ опрокидывается и достаточное количество изолятора или другого подобнаго вещества для заполненія углубленія и другихъ мѣстъ, вливается въ колпакъ. Потомъ изоляторъ вставляется въ колпакъ, загоняются шпильки DD въ отверстія колпака и изолятора и закрѣпляются на своихъ концахъ, проходящихъ черезъ колпакъ. Крюкъ А можетъ быстро соединяться и разобщаться съ болтомъ В. Когда лампа на мѣстѣ, она вполнѣ изолирована, посредствомъ изолятора подвѣски, такъ что предупреждаются дурные послѣдствія соприкосновенія и соединенія съ лампой. Если бы даже изоляторъ разбился, лампа не могла бы упасть, такъ какъ головка I болта В

защипить за шпильки DD. Подвеска при этом скреплена вполнѣ надежно; благодаря шпилькамъ невозможно разъединеніе. Если потребуется, шпильки могутъ быть вытащены за наружные концы, изоляторъ С снятъ и болтъ В вынутъ.

(Electrical World.).

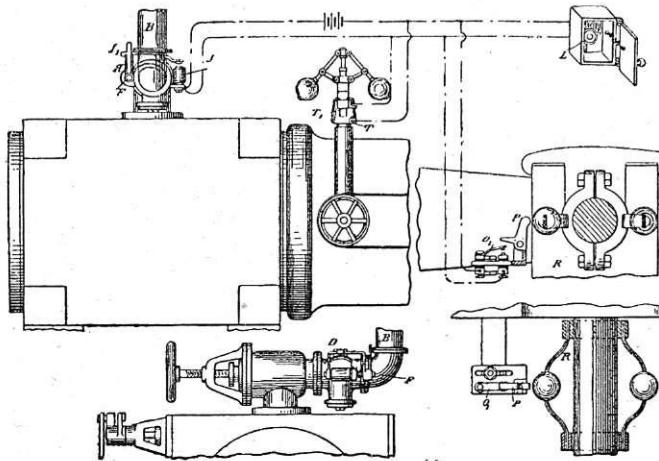
Переносный сверлильный станокъ системы Мартинъ Гонъ. Описываемая машина (фиг. 66 и 67) имѣетъ двигатель D, поддерживаляемый



ненія электричества для регулированія впуска пара въ паровыя машины не увѣнчались до сихъ поръ большімъ успѣхомъ. Наоборотъ, примѣненіе такого для регулированія хода и остановки въ случаѣ опасности машинъ, въ частности машинъ, приводящихъ въ движение динамо, оказалось вполнѣ практическимъ. Однимъ ихъ примѣровъ такого примѣненія является регуляторъ Каэ.

Существенной его частью является защѣпка J_1 рычага J (фиг. 74), управляемая электромагнитомъ (фиг. 77): изъ притяженія электромагнитомъ якоря J , онъ освобождается рычагъ H , находящійся на оси F .

Фиг. 74.



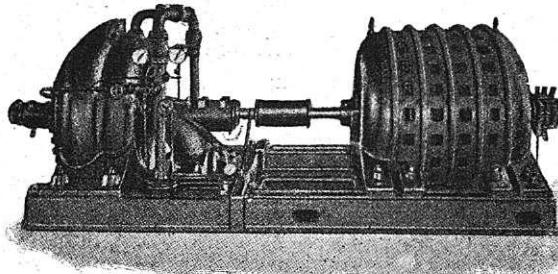
Фиг. 75.

Фиг. 76.

клапана ED_1 , который, притягиваемый пружиной G , немедленно закрываетъ выходное отверстіе B въ пара. Что же касается цѣпи J , то ее можно замыкать на разстояніи нажатіемъ какой-либо кнопки L , что является однимъ изъ значительныхъ преимуществъ этой системы, или въ РО, шарами R специальнаго небольшого регулятора, если машина идетъ слишкомъ скоро или, наконецъ, контактами $T_1 T$, если главный регуляторъ случайно остановится. Въ случаѣ примѣненія описаннаго регулятора на паровой машинѣ Корлисса, рычагъ H можетъ быть соединенъ посредствомъ шнура, не съ специальнымъ паропускнымъ клапаномъ, но съ пальцемъ Y , который поднимается въ случаѣ опасности, какъ на фиг. 79, и, поднимая за собой рычагъ V , запираетъ, такимъ образомъ, паропускной клапанъ V .

(L'Ecl. El. № 43).

Самый большой электродвигатель. На приведенныхъ здѣсь фигурахъ 80 и 81 представленъ

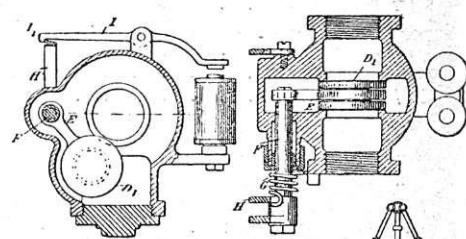


Фиг. 80.

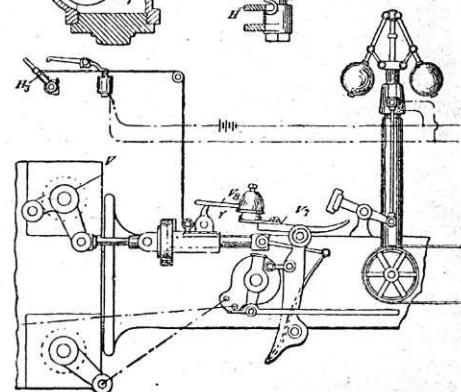
двигатель въ 1000 лошадиныхъ силь, работающій двухфазнымъ токомъ, при 5000 вольтъ напряженіи

и конструированный заводомъ Броунъ, Бовери и Комп. Онъ приводить въ дѣйствіе центробѣжный насосъ, дѣлающій 455 оборотовъ въ минуту. Этотъ насосъ поднимаетъ воду на высоту 460 футовъ на Женевской водопроводной станціи. Не менѣе замѣчательно то, что здѣсь центробѣжный насосъ

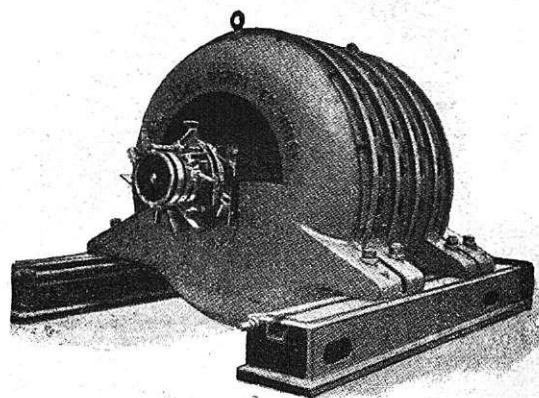
Фиг. 77.



Фиг. 78.



Фиг. 79.



Фиг. 81.

съ успѣхомъ примѣненъ для накачиванія воды на такую большую высоту.

(Electr. Review. № 1192).

Испытаніе паровой турбины Парсонса.— Въ виду того, что въ настоящее время много говорятъ о примѣненіи паровыхъ турбинъ на центральныхъ станціяхъ, мы считаемъ интереснымъ привести результаты испытаній, произведенныхъ надъ турбиной, приводящей въ движение динамо въ 1000 киловаттъ на новой центральной станціи въ Эльберфельдѣ (Германія).

При скорости въ 1500 оборотовъ въ минуту, 4000 вольтъ и 50 периодовъ въ секунду, динамо дастъ 1000 килов., при $\cos\phi=0.8$; она соединена непосредственно съ турбиной, и имѣеть на концѣ вала воз-

будитель; турбина имѣеть двѣ группы лопастей: одну для высокаго давленія и другую для низкаго.

Опыты надъ машинами были произведены въ присутствіи компетентныхъ экспертовъ, съ цѣлью опредѣлить расходъ пара при различныхъ нагрузкахъ, давленіе пара было равно 11 атм., т. е. 11 кгр. на кв. см. Были получены слѣдующіе результаты:

Нагрузка динамо въ киловат.	Килогр. пара на киловатъ-часъ.
1190,1 (перегрузка)	8,62
994,8 (полная нагрузка)	9,10
745,3 ($\frac{3}{4}$ нагрузки)	10,01
498,7 ($\frac{1}{2}$ ")	12,50
246,5 ($\frac{1}{4}$ ")	15,30

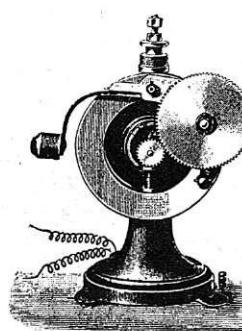
При ходѣ безъ нагрузки, но съ возбужденной динамо, турбина потребляла 1839 кгр. пара въ часъ, безъ возбужденія—1180. При давленіи въ 11 кгр., турбина давала легко 1740 до 1870 лош. силь. Кроме того, по контракту, при увеличении нагрузки скорость не должна была колебаться болѣе чѣмъ на 4%; по опытам же эта величина не превышала 3,6%; такие же удовлетворительные результаты получались и при измѣненіяхъ нагрузки.

(L'Electricien).

Новый электрический звонокъ.—Берлинская фирма П. Гардегенъ и К° выпустила недавно въ свѣтъ электрический звонокъ, приводимый въ дѣйствіе миниатюрнымъ электродвигателемъ (фиг. 82 и 83). Какъ видно на фиг. 83, на ось электродвигателя, по-



Фиг. 82.



Фиг. 83.

мѣщенного подъ чашкой звонка, наложенено небольшое зубчатое колесо, дѣйствующее на другую зубчатку большихъ размѣровъ. Послѣдняя снабжена нѣсколькими пальцами, подымающими рычажокъ, оканчивающійся молоткомъ. Электродвигатели для звонка строятся для напряженій въ 6, 110 и 220 вольтъ. Изнашиваніе подвижныхъ частей звонка, по мнѣнію Elektrotechnische Zeitschr., весьма незначительное.

(E. T. Z. 1900. N. 17, стр. 335).

Уменьшеніе утечки въ землю въ электрическихъ трамваяхъ съ возвратомъ тока чрезъ рельсы. Для того, чтобы воспользоваться токомъ, уходящимъ въ землю, берлинское общество „Union Elektricitäts Gesellschaft“ соединяетъ различные точки, удаленные отъ станціи, изолированными кабелями съ одной изъ собирательныхъ полосъ центральной станціи, а двигатель вагона включаетъ между рельсами и общей полосой, такимъ образомъ, что часть возвратнаго тока обязательно должна пройти чрезъ двигатель. Двигатель будетъ производить нѣ-которую контрг-электродвижущую силу, которую можно сдѣлать, извѣстнымъ регулированіемъ, приблизительно равной паденію напряженія въ изоли-

рованныхъ кабеляхъ. Механическая энергія двигателя можетъ быть использована для какихъ угодно цѣлей. (Bul. Int. de l'Electr.).

Электрическая промышленность въ Германии. Во Франц. журналѣ „Bul. Int. d'Electr.“ мы находимъ интересную выдержку изъ отчета бельгийского консула въ Берлинѣ относительно современного состоянія электрической промышленности въ Германии. Къ 1 марта 1900 года въ Германской Имперіи имѣлось 652 электрическихъ станціи, снабжающихъ обывателей города электрической энергией для освѣщенія и двигателей. Въ это число не входятъ многочисленныя установки, служащія лишь для личныхъ потребностей владѣльцевъ, установки на фабрикахъ, въ мастерскихъ и для электрическихъ трамваевъ.

Статистическія данныя указываютъ на увеличеніе числа станцій на 163 и 122 станціи находятся въ постройкѣ. Всѣ станціи, за исключеніемъ 29, существовавшихъ въ 1889 году, построены въ послѣднія десять лѣтъ. Мѣстностей, обладающихъ центральными станціями, насчитывается 634. Число это отличается отъ числа станцій, такъ какъ, какъ извѣстно, многія города имѣютъ нѣсколько центральныхъ станцій, а многія мѣстности пользуются отъ одной и той же центральной.

Это послѣднєе обстоятельство, т. е. пользованіе нѣсколькими мѣстностями одной центральной станціей ясно представляется преимуществомъ электричества предъ газомъ; дѣйствительно распределеніе электричества на большую мѣстность дѣлаетъ устройство весьма экономичнымъ, даже и въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ пользованіе газомъ невозможно.

Большинство станцій постоянного тока (488) имѣютъ аккумуляторные батареи, которыя представляютъ 37,9% отъ общей мощности.

Въ качествѣ двигательной силы въ Германии пользуются, главнымъ образомъ, энергией пара, что объясняется недостатками гидравлической энергіи: 382 станціи работаютъ исключительно паромъ, 74—водой и 29—газомъ. Если принять во вниманіе, что среди станцій, работающихъ исключительно водяными двигателями, находится, наибольшая установка въ Германии (Рейнфельденовская, мощностью 12000 киловаттъ) и что остальные 73—производятъ лишь 3674 киловатта, то становится яснымъ незначительное количество установокъ подобного рода.

Не менѣе 144 установокъ пользуются совмѣстно паромъ и водой. Изъ 652 центральныхъ станцій, 166—принадлежать городамъ или обществамъ (коммунамъ) и 463—частнымъ владѣльцамъ и компаниямъ.

Собраніе членовъ VI отдѣла Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Засѣданіе членовъ Отдѣла 28 апреля.

Н. М. Сокольскій прочелъ докладъ о телефонѣ А. А. Полумордвинова.

По предложению Предсѣдателя, Собраніе благо-дарило докладчика за взятый имъ на себя труд ознакомленія Отдѣла съ проектируемой А. А. Полумордвиновыемъ передачей видѣнія на разстояніе.

К. Д. Перскій замѣтилъ, что способъ сниманія изображеній, примѣняемый А. А. Полумордвиновымъ,—способъ Шерлера, повидимому наилучший. Что же касается до предлагаемой г. Полумордвиновыемъ мозаики изъ селеновыхъ кубиковъ, то это шагъ назадъ. Въ настоящее время ограничиваются 2—3 такими кубиками.

Способъ же, предлагаемый А. А. Полумордвиновымъ для получения цветного изображенія, по мнѣнію

К. Д. Перского заслуживает полного внимания, и по-видимому более осуществимы, чѣмъ предлагаемый Ценаникомъ при помощи колеблющейся призмы.

Въ заключеніе К. Д. Перскій добавилъ къ историческому очерку развитія вопроса о видѣніи на разстояніе, сдѣланному Н. М. Сокольскимъ, нѣсколько словъ о работахъ А. М. Кованько совмѣстно съ проф. П. П. Фанть-деръ-Флитомъ.

Кромѣ того, въ преніяхъ по поводу доклада приняли участіе А. И. Смирновъ, Вл. А. Тюринъ и Я. И. Ковальский.

Собрание просило А. И. Смирнова взять на себя представительство VI Отдѣла И. Р. Т. О. на пріемѣ Общества гражданскихъ инженеровъ, устраиваемомъ по случаю Всемирной Выставки въ Парижѣ.

Собрание просило Н. Гр. Егорова взять на себя представительство VI Отдѣла И. Р. Т. О. на международномъ конгрессѣ электриковъ въ Парижѣ.

Собрание постановило просить напечатать статью А. А. Полуморднина о телефонѣ въ Запискахъ Общества.

Засѣданіе членовъ Отдѣла 3 ноября.

А. И. Смирновъ доложилъ Отдѣлу объ участіи VI Отдѣла на Парижской Всемирной выставкѣ, при чѣмъ сообщилось, что экспонаты Отдѣла обратили на себя общее вниманіе и что экспертное жюри присудило русскимъ электротехникамъ высшую награду—Grand Prix, при чѣмъ рѣшило выдать ее VI Отдѣлу Императорскаго Русскаго Техническаго Общества. Сдѣлавъ краткій обзоръ участія русскихъ въ электротехническомъ отдѣлѣ выставки, А. И. Смирновъ указалъ въ заключеніе на то общее сочувствіе, которое проявилось въ средѣ французскихъ электротехниковъ къ трудамъ русскихъ и предложилъ почтить французскихъ электротехниковъ внесеніемъ въ Совѣтъ Общества ходатайства объ избраніи въ почетные члены Общества академика Маскара и инженера Ипполита Фонтена. Предложеніе принято единогласно.

По предложенію Предсѣдателя, Собрание благода-рило составителей очерка работъ русскихъ по электротехникѣ съ 1800 по 1900 годъ Я. И. Ковальского, Н. А. Рейхеля, Н. М. Сокольского, Вл. А. Тюрина, Н. Ф. Савельева и любезно принявшаго на себя трудъ перевода очерка на французскій языкъ А. А. Ковальского.

А. И. Смирновъ, сообщивъ объ открытии при Электротехническомъ Институтѣ Русскаго Электрическаго Общества предложилъ привѣтствовать новое общество отъ имени старѣйшаго русскаго электротехническаго общества—VI Отдѣла Императорскаго Русскаго Техническаго Общества и пожелать ему плодотворной дѣятельности и полныхъ успѣховъ на пользу и славу русской науки. Предложеніе принято единогласно.

Въ виду того, что собравшееся число членовъ достаточно для производства выборовъ въ непремѣнныи члены Отдѣла, таковыѣ произведены подачею избирательныхъ записокъ. Избранными оказались:

Ч. К. Скржинскій.
Н. В. Поповъ.
Н. М. Сокольскій.
Н. Н. Георгіевскій.
Вл. А. Тюринъ.
П. А. Ковалевъ.
Г. Ф. Бѣлопольскій.

Число поданныхъ записокъ—29.

Въ виду того, что остальные получили менѣе половины общаго числа поданныхъ записокъ, была произведена перебаллотировка, при чѣмъ избраны: А. А. Вороновъ, П. К. Войводъ, Я. И. Ковальский, А. Г. Коганъ, М. М. Курбановъ, Н. Ф. Савельевъ, Л. И. Толлочко, Л. Р. Шведе и Э. Р. Ульманъ.

Счетъ голосовъ производилъ Г. Ф. Бѣлопольскій и М. М. Курбановъ.

Ч. К. Скржинскій прочелъ докладъ „Электротех-

ника на Парижской выставкѣ 1900 года“, по слѣдующей программѣ:

- а) Полученіе электрической энергіи и распределеніе ея на самой выставкѣ;
- б) Изображеніе нѣкоторыхъ динамомашинъ съ указаніемъ на ихъ особенности;
- в) Примѣненія электрической энергіи для разныхъ механизмовъ;
- г) Подвижныя панели;
- д) Экспонаты Вестингауза, завода въ Крезо, въ Эрликонѣ и др.
- е) Сравненіе выставленныхъ предметовъ, доставленныхъ разными государствами;
- ж) Электрическая иллюминація.

Собрание благодарило докладчика за весьма интересный докладъ.

Русское Электрическое Общество, состоящее при Электротехническомъ Институтѣ Императора Александра III.

Осенью текущаго года открылось въ С.-Петербургѣ новое Научно-Техническое Общество, поставившее себѣ цѣлью содѣйствовать развитію и распространенію знаній по электричеству и его примѣненіямъ.

Это Общество, получившее название «Русскаго Электрическаго Общества», учреждено при Электротехническомъ Институтѣ Императора Александра III. Возникло оно по иниціативѣ небольшаго кружка лицъ, преимущественно изъ профессоровъ и лаборантовъ Электротехническаго Института и другихъ высшихъ учебныхъ заведеній, интересующихся электротехникой и вообще наукой объ электричествѣ, внесшаго въ Совѣтъ Института предложеніе учредить Общество и проектъ его устава. Совѣтъ Института отнесся въ высшей степени сочувственно къ идеѣ учрежденія при Институтѣ Научно-Техническаго Общества и въ рядѣ засѣданій, въ нѣкоторыхъ изъ которыхъ принимали участіе многіе извѣстнѣйшия специалисты по разнымъ отдѣламъ науки и техники, выработалъ окончательный проектъ устава Общества, который и былъ утвержденъ затѣмъ Министерствомъ Внутреннихъ Дѣлъ.

Идея образовать Общество именно при Электротехническомъ Институтѣ возникла у иниціаторовъ Общества по слѣдующимъ соображеніямъ: опытъ многихъ ученыхъ и техническихъ Обществъ, какъ русскихъ, такъ и иностраннѣйшихъ, показалъ, что каждое Общество живетъ полно жизнью, главнымъ образомъ, тогда, когда оно имѣть въ числѣ своихъ членовъ значительное число лицъ, исключительно посвятившихъ себя дѣятельности въ той области науки и техники, разработка которыхъ составляетъ предметъ занятій Общества. Такими лицами несомнѣнно являются профессора, преподаватели и лаборанты Электротехническаго Института и, такъ какъ всѣ эти лица несомнѣнно всегда будутъ членами Общества, состоящаго при Институтѣ, то и является желаніе связать Общество съ Институтомъ.

Далѣе, для каждого научно-техническаго общества въ высшей степени важно имѣть въ своемъ распоряженіи различныя лабораторіи, мастерскія и т. п. Для созданія собственныхъ учрежденій подобнаго рода требуются громадныя средства, какихъ не имѣеть ни одно изъ существующихъ въ Россіи Обществъ. Между тѣмъ, въ Электротехническомъ Институтѣ они все имѣются и Общество, состоящее при Институтѣ, можетъ ими воспользоваться. Наконецъ, для всякихъ собраній Общества необходимо имѣть помѣщеніе, а для докладовъ съ опытами и демонстраціями необходимо еще, чтобы это помѣщеніе было специальнѣ для этого приспособлено. Опять таки, устройство такого помѣщенія очень затруднительно для Общества, Институтъ же можетъ предоставить таковое въ распоряженіе Общества.

Кромѣ такихъ, такъ сказать, материальныхъ причинъ, вызывавшихъ желаніе связать Общество съ Институтомъ, была одна крайне важная, но совершенно другаго характера. Состоя при Институтѣ, Общество несомнѣнно заинтересуетъ студентовъ Института, которые, будучи еще студентами, будутъ ознакомляться съ его дѣятельностью и затѣмъ, оканчивая Институтъ, будутъ становиться полезнѣшими его членами. Всѣ эти соображенія были одобрены Совѣтомъ Института и сообразно имъ и былъ выработанъ уставъ Общества. Главнѣйшее отличіе этого устава, сравнительно съ уставами другихъ однородныхъ обществъ, состоить въ томъ, что въ составъ Общества введена, кромѣ обычныхъ категорій членовъ (почетныхъ, дѣйствительныхъ и соревнователей), новая категорія, подъ названіемъ «студентовъ-сотрудниковъ». Студентами-сотрудниками могутъ быть всѣ студенты Электротехническаго Института. Они имѣютъ право дѣлать сообщенія и доклады въ научно-техническихъ собраніяхъ, принимать участіе въ преніяхъ по поводу этихъ докладовъ и т. д. Кромѣ того, студенты-сотрудники устраиваютъ специальнѣя студенческія Собранія для чтенія рефератовъ, сообщеній учебнаго характера и т. п. На этихъ собраніяхъ могутъ конечно бывать всѣ члены Общества. Предсѣдательствуетъ на нихъ особое лицо, выбираемое Совѣтомъ Общества. Въ помощь предсѣдателю студенты-сотрудники выбираются изъ своей среды двухъ секретарей.

Введеніе въ Общество этой категоріи членовъ, конечно, послужитъ къ обойдной пользѣ: студентамъ оно дастъ возможность многому научиться Обществу же дастъ много молодыхъ силъ.

Учрежденіе Общества встрѣчено было очень сочувственно всѣми лицами, близко стоящими къ наукѣ и техникѣ и ко дню открытия Общества въ его составъ вошли, въ качествѣ учредителей, свыше ста лицъ.

Открылось Общество 15-го октября, когда состоялось собраніе учредителей для выбора долж-

ностныхъ лицъ Общества. Предсѣдателемъ на 1900—1901 годъ былъ избранъ Н. Н. Качаловъ, товарищемъ предсѣдателя—А. С. Поповъ.

Черезъ недѣлю уже послѣ этого учредительного Собранія состоялось первое Научно-Техническое Собраніе, за которымъ, каждыя двѣ недѣли, послѣдовали другія. На происходившихъ собраніяхъ былъ сдѣланъ рядъ сообщеній, какъ теоретического характера, такъ и имѣющихъ чисто практическое значеніе. Краткія резюме этихъ докладовъ напечатаны въ «Протоколахъ Собраній Русскаго Электрическаго Общества», издаваемыхъ Обществомъ. Нѣкоторые изъ докладовъ въ полномъ видѣ будутъ напечатаны въ нашемъ журнальѣ; напр. докладъ В. Ф. Миткевича—объ алюминіевыхъ выпрямителяхъ перемѣннаго тока, А. А. Кузнецова—о способахъ измѣренія частоты перемѣнныхъ токовъ, В. К. Лебединскаго—о дѣйствіи ультрафіолетового свѣта на искру, М. А. Шателена—о приборѣ, служащемъ для наблюденія нѣкоторыхъ явлений, происходящихъ въ цѣпи перемѣннаго тока, А. Л. Гершуна—о нѣкоторыхъ свойствахъ синусоидальныхъ выпрямленныхъ токовъ и т. д. Особый интересъ всѣмъ этимъ докладамъ придавало то обстоятельство, что всѣ они сопровождались многочисленными демонстраціями и опытами, воспроизвести которые оказалось возможнымъ только благодаря средствамъ, предоставленнымъ докладчикамъ различными лабораторіями Электротехническаго Института.

Такимъ образомъ, новое Общество начало свою дѣятельность и надо надѣяться будетъ долго продолжать ее на пользу общую.

М. Шателенъ.

Электротехника въ Россіи.

Электрическая станція въ г. Тулѣ.—9-го сего ноября послѣдовало открытие электрической станціи, въ г. Туле.

Въ машинномъ отдѣлѣніи станціи работаютъ пока три 140-сильныхъ вертикальныхъ паровыхъ машины компаундъ съ охлажденіемъ, изъ которыхъ каждая приводить въ дѣйствіе, посредствомъ ременной передачи, по 1 динамомашинѣ постояннаго тока, мощностью въ 84 киловаттъ, при напряженіи въ 260 вольтъ у зажимовъ.

Въ настоящее время установлено три паровыхъ котла, каждый поверхностью нагрева въ 100 кв. метровъ при 10 атм. рабочаго давленія пара.

Сѣть проводовъ по двухпроводной системѣ состоитъ частью изъ подземныхъ кабелей, частью изъ воздушныхъ проводовъ. Напряженіе у зажимовъ лампъ—235 вольтъ. Для уличнаго освѣщенія установлены 100 дуговыхъ лампъ по 8—10 амп.; число присоединенныхъ къ сѣти или заявленныхъ къ присоединенію калильныхъ лампъ въ день открытия было около 1200. Тарифъ для частныхъ абонентовъ 30 коп. за киловаттъ—часъ.

Станція построена за счетъ города Акц. Обществомъ Русскихъ Электротехническихъ Заводовъ «Сименсъ и Гальске» въ С.-Петербургѣ.