

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Графическое изслѣдованіе трехфазного асинхронного двигателя.

Статья инженеръ-технолога А. С. Николаева.

(Окончаніе *).

Зависимость скорости вращенія арматуры отъ нагрузки.

Если вращающееся равнодѣйствующее индукторное поле дѣлаетъ n_1 оборотовъ въ секунду, а арматура— n_2 , то потокъ N_2 пересѣкаетъ обмотку арматуры со скоростью $n_1 - n_2 = s$ и возбуждается въ арматурѣ электродвижущую силу e_2 , которая порождаетъ токъ J_2 , сей послѣдній причиняетъ омическую потерю напряженія $= J_2 W_2 \sqrt{3} = E$ ($n_1 - n_2$). Назовемъ поле, соответствующее этой потерь,—чрезъ N_{20} и отложимъ его по АО (фиг. 1) сдѣлавъ $AU = N_{20}$. Отрѣзокъ $N_{20} \equiv J_2$, $AG \equiv J_2$, посему углы α и β постоянны (ибо уголь

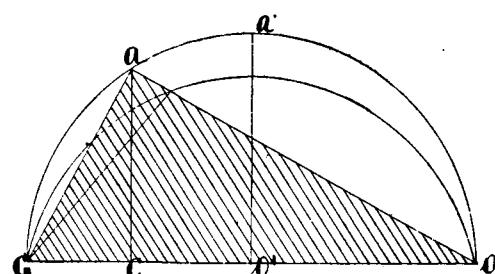
то $e_{20} / e_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_1} N_{20} / N_2$ или

$$\frac{n_1 - n_2}{n_1 - n_1 + n_2} = \frac{n_1 - n_2}{n_2} = \frac{N_{20}}{N_2 - N_{20}} = \frac{AU}{UO}$$

т. е. линія АО въ У дѣлится въ отношеніи отставанія арматуры съ числу оборотовъ арматуры n_2 . Если U совпадаетъ съ 0, то $S = 100\%$ (арматура стоитъ) и число периодовъ $\sim_2 = \sim_1$. Если U въ G, то $S = 0$, $n_2 = n_1$, т. е. арматура бѣжитъ синхронично и $\sim_2 = 0$. Итакъ, окружность GUO служить для отсчитыванія числа оборотовъ n_2 при различныхъ значеніяхъ J_2 .

Моментъ вращенія.

Моментъ вращенія $T \equiv J_2 N_2$, т. е. пропорционаленъ $AG \times AO =$ площади ΔOAG ; такъ



Фиг. 2.

какъ сторона этого треугольника $OG = \text{Const}$, то $T \equiv AC$, перпендикуляру изъ A на основаніе; $T \max \equiv$ радиусу $A'O'$ (фиг. 2).

Отдача двигателя (количество полезной работы).

Отдача $A \equiv J_2 N_2 - J_2 N_{20} \equiv J_2 (N_2 - N_{20}) \equiv$ площади GUO (фиг. 3), но $GO = \text{Const}$, то $A \equiv UD$ (перпендикуляру изъ U на основаніе). $A \max \equiv O'U'$.

$Cs\varphi$ — показатель мощности.
(φ — угол между E_1 и J_1).

$Cs\varphi$ берется прямо изъ діаграммы. $Cs\varphi \max$ будетъ соотвѣтствовать $\varphi \min$, т. е. когда прямая $CB \equiv J_1$ будетъ касательной къ окружности GBP. Для этого случая (фиг. 4)

$$Cs\varphi \max = \frac{J_{1k} - J_0}{J_{1k} + J_0} = \frac{O'B}{CO'}$$

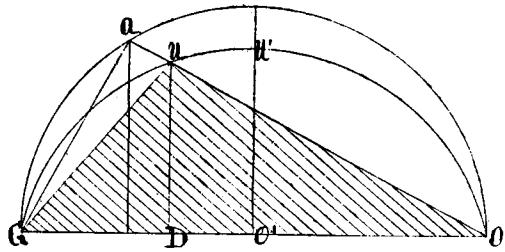
Fig. 1.

GAO долженъ быть всегда прямой). Такъ что (фиг. 1) ΔGAU при всякихъ измѣненіяхъ J_2 остается себѣ подобнымъ, т. е. точка U перемѣщается по окружности, центръ которой (O') лежить на вертикали, проведенной чрезъ центръ (O') окружности GAO и находится изъ условия, что при коротко замкнутой и неподвижно заторможенной арматурѣ, отрѣзокъ $GO = \sqrt{3} J_{2k} W_2$, такъ какъ

e_2 соотвѣтствуетъ числу обор. n_1
 e_{20} » » » $n_1 - n_2 = s$

*) См. Электричество, т. 1. № 26, стр. 28г.

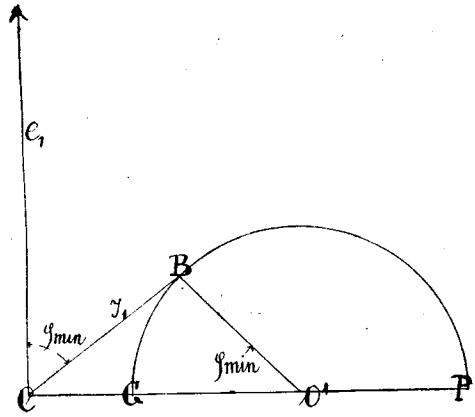
при этомъ не обращено вниманія на омическую потерю въ индукторѣ (сравн. съ фиг. 21. См. № 20,



Фиг. 3.

стр. 288). Обозначая чрезъ $K = J_1 k / J_0$ (что опредѣляется опытомъ), можетъ написать $Cs\varphi = \frac{K - 1}{K + 1}$; изъ этой формулы видно, что $Cs\varphi$ тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе отношеніе K .

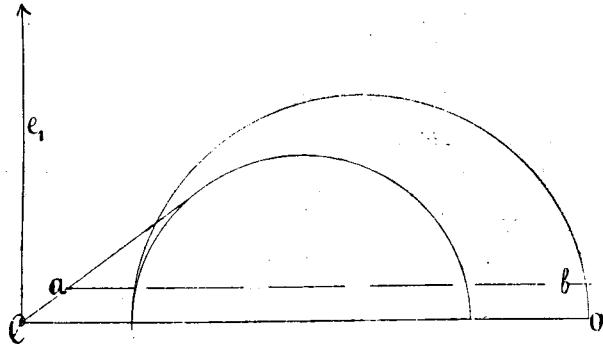
До сихъ поръ мы не считались съ потерями на треніе въ подшипникѣ о воздухъ, и потерями



CG—намагничивающій токъ при $J_2=0$.
CP—индукторный токъ при короткомъ замыканіи.

Фиг. 4.

въ желѣзѣ. Всѣ эти потери, въ виду того, что двигатель имѣеть приблизительно постоянную скорость, уменьшаютъ врачающій моментъ и по-



Фиг. 5.

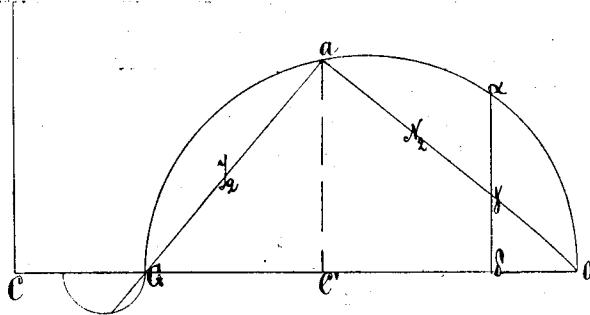
лезнное дѣйствіе двигателя на постоянную величину, поэтому ихъ можно принять въ расчетъ, проводя прямую ab || OC и вычитая ординаты пра-

мой ab изъ отсчитанной величины момента и отданной полезной работы (фиг. 5).

Мы полагали все время, что $e_1 = \text{Const}$, на практикѣ же приходится имѣть дѣло съ постояннымъ напряженіемъ на зажимахъ индуктора, т. е. $E_1 = \text{Const}$. Чтобы получить всѣ интересующія настѣ величины при $E_1 = \text{Const}$, мы должны лишь всѣ отсчитанные на діаграммѣ величины уменьшить въ отношеніи величины напряженія, полученного на діаграммѣ къ величинѣ напряженія, которое желательно удерживать постояннымъ.

Коэффиціентъ полезного дѣйствія двигателя.

Омическая потеря энержіи въ процентахъ работы, поглощенной двигателемъ $\equiv \frac{J_2^2}{A_1}$, где A_1 указанная поглощенная работа. Но $J_2^2 \equiv (\text{смѣр. фиг. 6}) \equiv GA^2$; $A_1 \equiv AC^1$; и $AC^1 \equiv \sqrt{GA} \cdot OA$. Поэтому $\frac{J_2^2}{A_1} = \frac{GA}{OA}$. Проведемъ гдѣ бы то ни было на діаграммѣ прямую $ab \perp$ къ OC, тогда $\gamma \delta \equiv J_2^2 / A_1$ (изъ подобія треугольниковъ GAO



Фиг. 6.

и $\gamma \delta$; въ послѣднемъ $\delta o = \text{Const}$). Тогда отрѣзокъ ab дастъ намъ для даннаго J_2 соответствующій коэффиціентъ полезного дѣйствія

$$\mu = \frac{A_1 - J_2^2 W_2}{A_1}$$

Практическое примѣненіе діаграммъ.

Для опредѣленія всѣхъ величинъ, характери-
зующихъ рабочее состояніе двигателя, требуются
по выше сказанному слѣдующія данныя, полу-
чаемыя измѣреніемъ надъ готовымъ двигателемъ:

1) Магнитная утечка индуктора при разомкну-
той арматурѣ.

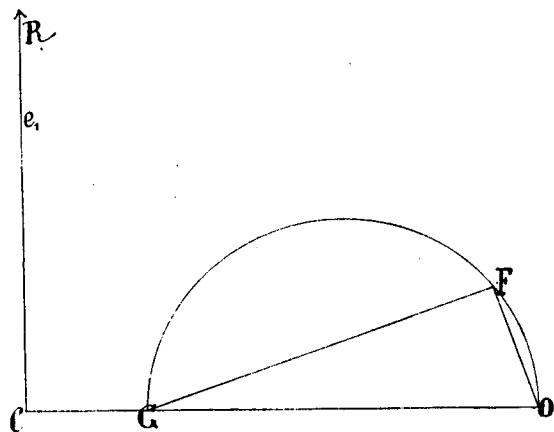
2) Токъ индуктора, съ соотвѣтствующимъ фа-
зовыми угломъ, при холостомъ ходѣ арматуры
(еще лучше измѣрить этотъ токъ при синхрон-
номъ бѣгѣ арматуры).

3) Токъ индуктора опять съ фазовыми угломъ,
на зажимахъ при коротко замкнутой и непод-
вижно затормаженней арматурѣ.

4) Сопротивленія обмотокъ индуктора и ар-
матуры.

Сначала выбираемъ произвольный масштабъ
для e_1 и $N_1 \equiv OC$ (ф. 7) и ставимъ $e_1 \equiv CR \perp$
къ OC. Отъ точки C откладываемъ измѣренную

магнитную утечку $\equiv CG$; этот же отрезок \equiv намагничивающему току при порожнем (или лучше синхроничномъ) ходѣ двигателя, отсюда по-



Фиг. 7.

лучаемъ опредѣленный масштабъ для токовъ. Зная сопротивление W_2 , найдемъ тотчасъ же N_2 , при коротко замкнутой (и неподвижной) арматурѣ, положимъ $N_2 = OF = \sqrt{3} \cdot W_2 \cdot J_{2k}$. При чмъ J_2 сведено на число витковъ индуктора и къ постоянному напряженію на его за-жимахъ. Затѣмъ радиусомъ $\equiv J_{1k}$ изъ точки С за-сѣкаемъ прямую FG въ точкѣ S, тогда окружность, приходящая чрезъ точки S и G и имѣю-щая центръ на прямой OC, даетъ зависимость между токами индуктора и арматуры (фиг. 8).

чемъ отрѣзокъ СТ дастъ разность потенциаловъ E_1 , соответствующую данной нагрузкѣ J_2 .

Діаметръ окружности KG получается изъ по-добія треугольниковъ — KG : CG = GP : OG.

Итакъ для каждого даннаго J_2 діаграмма дастъ соотвѣтствующія J_1 , N_2 , S , φ ; — всѣ характерныя величины работающаго двигателя.

Работая на опытной станціи Сименсъ и Гальске (Berlin), я имѣлъ случай часто примѣнять указанный методъ. Испытывая двигатели отъ $1/2$ л. с. до 15 л. с., я нашелъ, что для большихъ двигателей діаграмма вѣрна безусловно, что же касается двигателей отъ $1/2$ —1 л. с., то замѣтныя отклоненія отъ измѣренныхъ непосредственно величинъ, характеризующихъ различныя свойства ихъ, наступали лишь при значительной перегрузкѣ указанныхъ двигателей. Въ общемъ, указанный методъ пользуется примѣненіемъ и по нынѣ.

Пусканіе въ ходъ и регулированіе скорости двигателя.

Если пренебречь магнитной утечкой, то дѣйствующая сила тока арматуры $J_2 \equiv B \cdot l \cdot \frac{(u_1 - u_2)}{\sqrt{2}} \cdot W_2$ гдѣ B — потокъ въ максвелляхъ, u_1 — линейная скорость равнодѣйствующаго индукторного поля, u_2 — скорость арматуры, l — длина арматуры.

Обозначимъ чрезъ N_p потокъ, приходящійся на одинъ полюсъ индуктора, тогда $N_p =$ средней величинѣ отъ $B_r \cdot \frac{2 \pi \cdot r \cdot l}{2 p}$, гдѣ r — радіусъ арматуры, p — число паръ полюсовъ. Но средняя величина (B_r) $= M$ (B_r) $= M(B \cdot Sn(p\alpha)) = B \cdot M(Sn(p\alpha))$

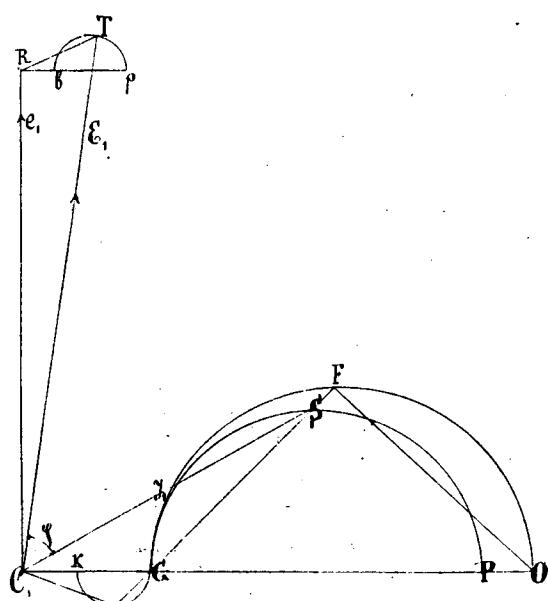
$$\frac{\pi}{\pi} = B \cdot \frac{l}{\pi} \int_0^\pi Sn(p\alpha) d(p\alpha) = B \cdot \frac{1}{\pi} (-Cs(p\alpha)) \frac{\pi}{0} = B \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Br}{r} \cdot 2 \cdot g$$

Тогда $J_2 = \frac{B \cdot r \cdot l \cdot (\omega_1 - \omega_2)}{W_2 \sqrt{2}} = \frac{p}{2} \times N_p \times \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{W_2 \sqrt{2}} = \frac{p \cdot N_p (\omega_1 - \omega_2)}{2 \sqrt{2} W_2} = \frac{p \cdot N_p S}{2 \sqrt{2} W_2}$; гдѣ ω — угловая скро-стъ, а S — отставаніе арматуры.

Моментъ вращенія $T = N_p \frac{p \cdot J_2 n_2}{2\sqrt{2}}$, подставляя сюда величину для J_2 , получимъ — $T = N_p^2 \cdot \frac{p^2 \cdot n_2 \cdot S}{8 \cdot W_2}$, здѣсь n_2 — число оборотовъ арматуры.

Изъ послѣдней формулы видно, что $T = S$ (фиг. 9).

Совсѣмъ другое, какъ мы уже знаемъ изъ діаграммъ, будеть, если принять во вниманіе магнитную утечку. Тогда постоянное поле индуктора $N_{1p} = N_p + N_{1sp}$ (все для одного полюса — p); т.е. $N_p = N_{1p} - N_{1sp}$; но $N_{1sp} \equiv J_1$, а стало быть $J_1 \equiv J_2$, посему съ нагрузкой N_p уменьшается. Положимъ, что $N_{1sp} = KJ_2$, то $N_p = N_{1p} - KJ_2$, но $J_2 = \frac{N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_1}$, поэтому $KJ_2 = \frac{K \cdot N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_2}$, а $N_p = N_{1p} - \frac{K \cdot N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_2}$, или отсюда $N_p = \frac{N_{1p}}{1 + SK}$, если $K^1 = \frac{Kp}{2 \sqrt{2} W_2}$; а



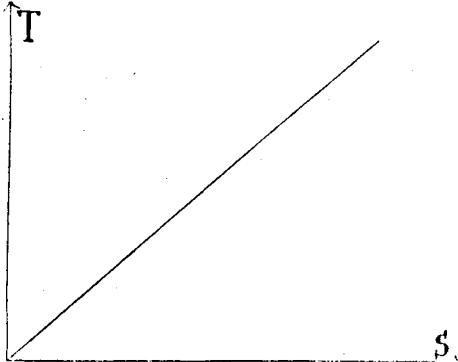
Фиг. 8.

Проведемъ изъ точки R прямую $\parallel OC$ и сдѣ-лаемъ $Rp \equiv J_{1k} W_1 \sqrt{3}$, отложимъ, кроме того, $Rb \equiv J_0 W_1 \sqrt{3}$, то окружность діаметра pb бу-детъ геометрическимъ мѣстомъ точекъ T, при

$$J_2 = \frac{N_{1p} \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_2 (1 + SK)} \text{ и } T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot n_2 S}{8 \cdot W_2 (1 + K'S)}$$

(фиг. 10).

Изъ фиг. 10 видно, что при очень большомъ



Фиг. 9.

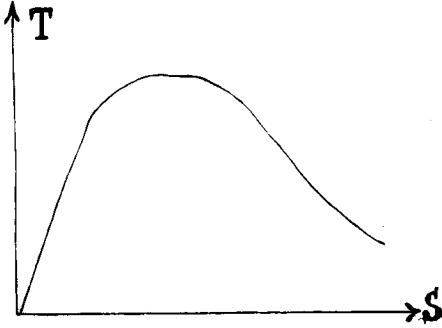
отставаниемъ S (при большомъ J_2), T можетъ стать столь малымъ, что двигатель остановится.

Напишемъ выражение для T следующимъ образомъ:

$$T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot n_2 \cdot \frac{S}{W_2}}{8 \cdot (1 + K'S)^2} \text{ или}$$

$$T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot n_2 \left(\frac{S}{W_2} \right)}{8 \cdot \left(1 + \frac{kp}{2W_2} \times \left(\frac{S}{W_2} \right) \right)^2}.$$

Изъ этого равенства видно, что для $T = \text{Const}$ должно и S/W_2 быть постоянной величиной. Это

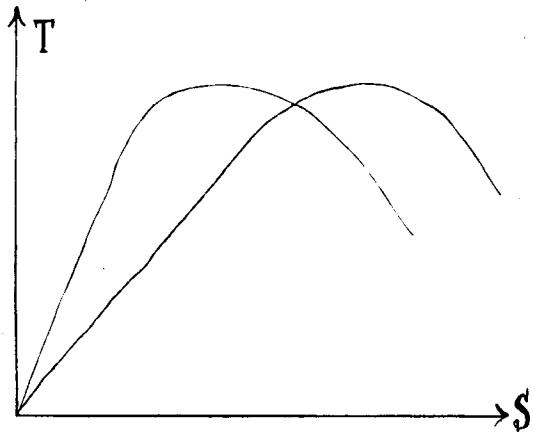


Фиг. 10.

значить, что для достижения нормального или максимального момента вращения при пускании въ ходъ, когда $S = \text{maxim}$, нужно увеличить сопротивление арматуры добавочнымъ реостатомъ (реостатъ для пускания въ ходъ). Введеніе добавочного сопротивленія при пускании въ ходъ, увеличивая моментъ вращения, уменьшаетъ въ то же время J_2 , а чрезъ это и J_1 , что очень важно для двигателей, питающихся отъ сѣтей, предназначенныхъ для освѣщенія.

Та же формула указываетъ намъ средство для регулированія скорости двигателя, именно для

постоянного, нормального T , можно получать различные S т.е. и скорости арматуры, введя



Фиг. 11.

въ арматуру добавочное, регулирующее сопротивление (фиг. 11).

Въ заключеніе не лишнес будетъ упомянуть о некоторыхъ практическихъ свойствахъ трехфазныхъ асинхронныхъ двигателей.

I. Двигатель приходитъ во вращеніе безъ посторонней помощи.

II. Разница числа оборотовъ при холостомъ ходѣ и полной нагрузкѣ достигаетъ не болѣе 5%.

III. При перегрузкѣ останавливается.

IV. Число оборотовъ поддается регулированію только при постоянномъ T .

V. Двигателю можно давать, при помощи особыго переключателя, задній и передній ходъ.

VI. Индукторный токъ при холостомъ ходѣ составляетъ $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ тока, соответствующаго полной нагрузкѣ.

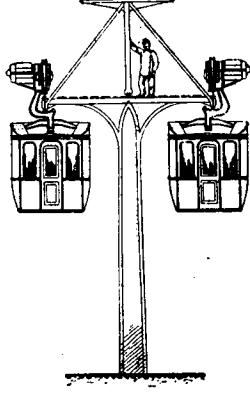
Подвѣсная электрическая желѣзная дорога Барменъ, Эльберфельдъ и Фоовинкель.

Въ высшей степени промышленная область узкой долины р. Вуппера, заключающая на разстояніи какихънибудь 10 км. два такихъ промышленныхъ и населенныхъ города (Зоосоо жит.), какъ Барменъ и Эльберфельдъ, съ ихъ взаимно-огромнымъ торгового промышленнымъ движениемъ, представлялась особенно удобной для проведения подвѣсной желѣзной дороги. Мѣстныя электрическія дороги и двѣ линии государств. желѣз. дорогъ, идущихъ вдоль долины, давно уже не были въ состояніи поддерживать развивающагося гигантскими шагами движенія; основываясь на этомъ, много лѣтъ тому назадъ, фирма Сименсъ и Гальске составила проектъ сооруженія подвѣсной электрической желѣзной дороги (долженствовавшей идти вдоль Вуппера), такъ какъ городскія улицы, мѣстами и безъ того не широкія, не удовлетворяя требуемому движению, конечно, не могли дать места для обыкновенной желѣзной дороги.

Вопросъ объ обслуживаніи населенныхъ мѣстъ подвѣсными желѣзными дорогами—не новъ. Еще въ 1893 г. выступилъ со своимъ проектомъ подвѣсной дороги Е. Лангренъ (изъ Кельна). Именно идея его состояла въ томъ, что самый вагонъ, подвѣсанный

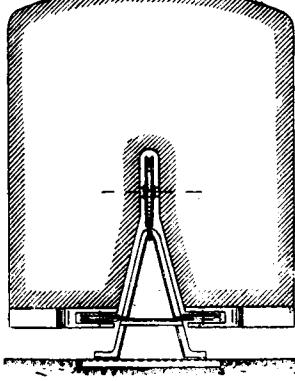
къ рамъ, подвергался свободному дѣйствію центробѣжной силы, а колесная рама, поставленная на 2 оси (съ 4 колесами) ходила по двумъ рельсамъ, какъ обыкновенно. Результаты опытовъ на этой пробной дорогѣ были столь благопріятны, что въ томъ-же году фирма Шуккертъ подала городамъ Барменъ и Эльберфельдъ проектъ подвѣсной желѣзной дороги. Эксперты, разсмотрѣвъ проекты Сименса и Гальске и фирмы б. Шуккертъ, высказались въ пользу проекта послѣдней фирмы. Въ 1895 г. начались переговоры относительно сооруженія, а въ слѣдующемъ году было дано разрѣшеніе на постройку дороги фирмъ „Continentale Gesellschaft fürelektrische Unternehmungen“—премицъ „E. A. G.“).

Въ то-же время Лангенъ производилъ опыты и съ однорельсовой подвѣсной дорогой, устройство которой явствуетъ изъ фиг. 12; въ этомъ случаѣ, какъ

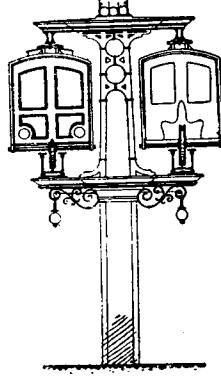


Фиг. 12.

самый вагонъ, такъ и рама могли свободно слѣдовать вліянію центробѣжныхъ силъ. При новыхъ опытахъ выразились всѣ преимущества однорельсовой системы передъ двухъ-рельсовой. Дорога Барменъ, Эльберфельдъ и Фоовинкель была окончательно выстроена также по однорельсовой системѣ. Преимущества этой системы передъ всѣми другими до сель извѣстными, изъ которыхъ нѣкоторыя изображены на фиг. 13—18, говорятъ сами за себя. Ясно, что ъзда въ



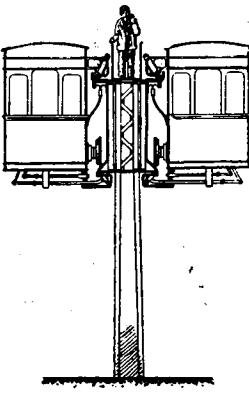
Фиг. 13. (Лартигъ).



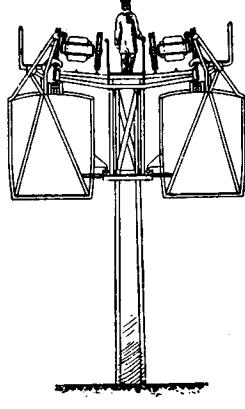
Фиг. 14. (Бейеръ).

вагонъ, который приходитъ самъ по себѣ въ положенія равновѣсія, будетъ безъ толчковъ и несравненно спокойнѣе, чѣмъ на тѣхъ дорогахъ, коихъ полотно, соотвѣтственно максимальной скорости, должно обладать на кривыхъ опредѣленной формой. Послѣднее обстоятельство имѣть своимъ слѣдствиемъ, что, при всякихъ другихъ скоростяхъ, центробѣжные силы самыи непріятнымъ образомъ отзываются на

спокойномъ передвиженіи пассажировъ. При правильномъ подборѣ переходныхъ кривыхъ, вагоны новой системы перебѣгаютъ съ кривыхъ на прямолинейные участки и обратно безъ всякихъ замѣтныхъ качаний и ударовъ; вѣтеръ также не оказываетъ вреднаго вліянія на нихъ. Особенное преимущество новой



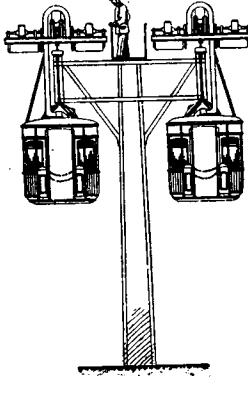
Фиг. 15. (Кукъ).



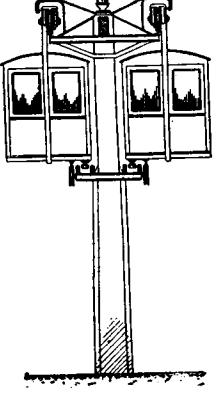
Фиг. 16. (Дитрихъ).

системы заключается въ томъ, что при данной скорости можно описывать кривыя гораздо менѣеихъ радиусовъ, чѣмъ при обыкновенныхъ желѣзныхъ дорогахъ, а при данной кривой—развивать большія скорости. Отношеніе между скоростью и радиусомъ кривой обусловливаются единственно отклоненіемъ вагона отъ вертикали; при опытахъ въ Дейтицѣ отклоненіе это доходило до 26°, безъ того чтобы это хоть какъ нибудь беспокоило пассажировъ.

Подвѣсная дорога Барменъ-Эльберфельдъ-Фоовинкель начинается отъ станціи Барменъ-Риттергаузенъ и идетъ вдоль рѣки Вуппера чрезъ Барменъ, Эльберфельдъ заканчиваясь у городской станціи



Фиг. 17. (Эносъ).

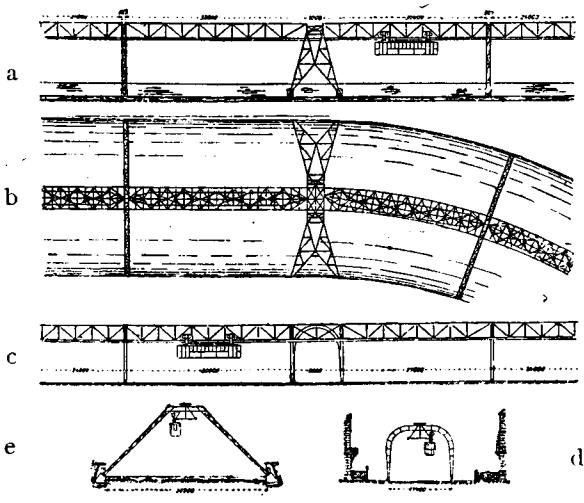


Фиг. 18. (Перлей-Галь).

Фоовинкель, гдѣ находятся и зданія управлениія, депо и мастерскія. Полная длина дороги равняется 13,3 км., она имѣть 20 станцій въ разстояніи другъ отъ друга отъ 350 до 1000 метровъ, наименьшій подъемъ достигаетъ 40%, наименьшій радиусъ кривизны въ общемъ = 90 метр. въ двухъ исключительныхъ случаяхъ—75 м.

Фермы и полотно допускаютъ 15°-ное отклоненіе вагона отъ вертикали, что соотвѣтствуетъ скорости въ 50 км. въ часъ на всю линію, тѣмъ не менѣе на стрѣлкахъ и кривыхъ для поворота поѣзда, служащихъ лишь для маневрированія, скорость бываетъ не больше 12 км. Высота полотна отъ уровня земли колеблется отъ 4,8 до 5,3 м. и болѣе, гдѣ этого требуютъ обстоятельства (напр., мостъ чрезъ р. Вупперъ).

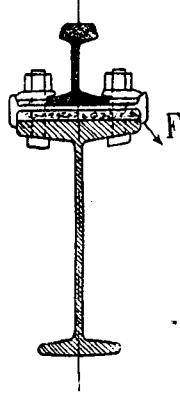
Фермы, несущія полотно дороги, исключительно желѣзныя, установлены на желѣзныхъ-же устояхъ, пролеты которыхъ, смотря по мѣстнымъ условіямъ, мѣняются отъ 21 до 33 м. Фиг. 19 даетъ понятіе о кон-



Фиг. 19.

струкції фермъ какъ для линій, идущей по рѣкѣ (а, б, с), такъ и для уличной линії (с, д). Изъ сравненія этихъ конструкцій съ другими извѣстными подобными сооруженіями, особенно съ выстроенной одновременно въ Берлинѣ подвѣсной дорогой, ясно видны преимущества первыхъ въ виду ихъ легкости и простоты.

Укрѣпленіе рельсъ на тавровомъ поясѣ несущихъ фермъ представлено на фиг. 20, откуда видно, что



Фиг. 20.

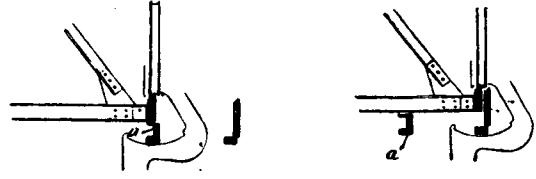
между поясомъ фермы и рельсомъ введена прокладка F изъ пресованнаго войлока, имѣющаго цѣлью—уменьшить происходящій при ъездѣ шумъ.

Въ виду особыхъ требованій, стрѣлки получили особый типъ „наклонно-ступенчатый“; фиг. 21 изображаетъ главную часть (острякъ) этой стрѣлки. При проходѣ вагона, острякъ этотъ прижимается къ рельсу и поясу, при чмъ вѣнчее ребро ведущихъ колесъ особымъ выступомъ остряковаго рельса отклоняется до тѣхъ порт въ сторону, пока внутреннее ребро поддерживающихъ колесъ не поднимется выше уровня главнаго рельса; въ то же время колесо захватываетъ головку остряковаго рельса своимъ обоими ребрами. При прижатіи языка къ главному рельсу, часть а тавроваго пояса, составного въ этихъ мѣстахъ, идетъ во внутрь, а на ея мѣсто вставляетъ острякъ (свою нижнюю часть), форма котораго подобрана такъ, что крюкъ вагонной рамы сво-

бодно переходитъ на остряковый рельсъ (расположеніе стрѣлокъ и поворотныхъ кривыхъ на фиг. 22).

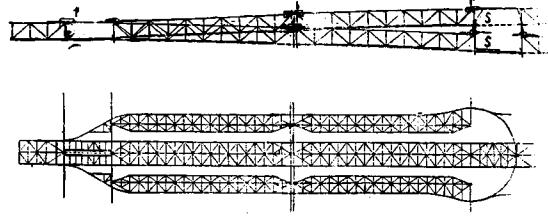
Входныя лѣстницы примыкаютъ къ дорогѣ снаружи. Станціи спереди и сзади открыты и т. п.

Энергію для приведенія дороги въ движеніе доставляютъ машины постояннаго тока боо вольтъ и



Фиг. 21.

1420 амперъ, съ вѣнчимъ магнитнымъ вѣнцомъ, работы фирмы Шуккерть. Динамо эти непосредственно соединены съ машинами (паров.) четвертого расширения — фирмы Зульцсрь. Въ помощь этимъ машинамъ, для выравненія колебаній накрузки, устроены сильные уравнительные батарai. На всякий слу-

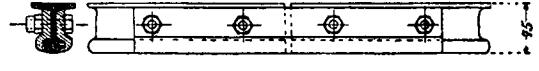


Фиг. 22.

чай, а также и для ночныхъ освѣщенія депо и мастерскихъ спроектирована еще одна вспомогательная батарея (въ Фоовинклѣ), съ напряженіемъ въ 120 вольтъ. Для заряденія служитъ вращающійся трансформаторъ постояннаго тока, получающій токъ съ линіи. Въ случаѣ нужды можно поступать и обратно, питать трансформаторъ отъ батареи и посыпать токъ напряженіемъ въ боо вольтъ въ линію.

Отъ центральной станціи, гдѣ находится опредѣленное число распределительныхъ досокъ, токъ, при помощи бронированныхъ кабелей, направляются въ питательные пункты; отсюда питаніе производится отдельно на каждую половину дороги. Максимальные выключатели, находящіеся на линіи, установлены такъ, что размыкаютъ цѣль уже при небольшихъ перегрузкахъ, тогда какъ стационарные—размыкаютъ лишь при короткихъ замыканіяхъ. Автоматические звонки на питательныхъ пунктахъ даютъ знать прислугѣ о случившихъся поврежденіяхъ сѣти или другихъ неисправностяхъ.

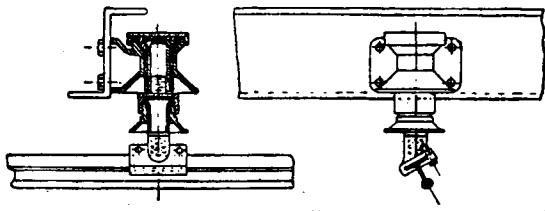
Для рабочаго провода взятъ рельсъ полевой желѣзной дороги [45 мм. высоты, 500 кв. м.м. сѣченія] длиною въ 10 м., чтобы имѣть возможно менѣе стыковъ. Способъ соединенія стыковъ виденъ изъ фиг. 23. Для увеличенія электрической проводимости это-



Фиг. 23.

го рельса съ нимъ спаены два мѣдные провода по 75 кв. м.м., такъ чо общее сѣченіе рабочаго провода получается въ 235 кв. м.м. Для Бармена, съ цѣлью уменьшения расходовъ на установки, вмѣсто усиливанія сѣченія при помощи мѣдныхъ проводовъ, взятъ просто рельсъ собственнаго сѣченія. Рабочие провода укрѣплены на двойныхъ изоляторахъ закрѣплен-

ныхъ на особыхъ поперечинахъ фермы (фиг. 24). Рабочий проводъ (рельсъ) укрепленъ на косо — въ силу особой конструкціи трущагося контакта вагона



Фиг. 24.

и его размаховъ на кривыхъ. На фиг. 25 изображена схема соединеній рабочихъ проводовъ съ питательными пунктами.

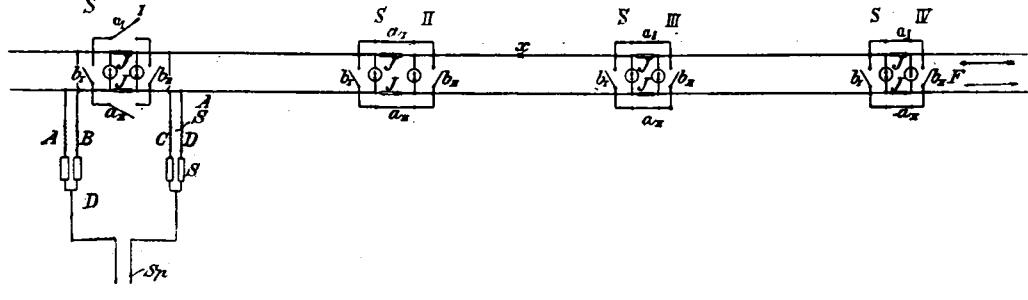
На каждой станціи устроена распределительная доска. Для распознаванія ошибокъ въ изоляціи имѣются указатели соединенія съ землею. Отыскать мѣстную ошибку въ изоляціи можно слѣдующимъ образомъ: если между станціями II и III (фиг. 25) имѣется въ точкѣ X сообщеніе съ землей, то и послѣ размыканія автомата максимального выключателя

ниемъ таковыхъ на станціяхъ II и III, снова замыкаются, вслѣдствіе чего часть линіи до станціи II находится подъ токомъ, часть же за III безъ онаго. Чтобы и эту часть снабдить токомъ, придется, какъ видно изъ фиг. 25, лишь замкнуть выключатель въ на станціи III.

Обратнымъ проводомъ служитъ вся желѣзная конструкція сооруженія; дорожные рельсы, къ которымъ подводится токъ изъ станціи, соединены съ фермами посредствомъ мѣдныхъ скобъ, имѣющихъ по 2×15 кв. мм. въ сѣченіи. Громоотводы на дорогѣ не имѣются, такъ какъ всѣ проводы лежатъ подъ желѣзными конструкціями, имѣющими сообщеніе съ землею.

Для взаимнаго сообщенія отдѣльныхъ станцій, депо, мастерскихъ, управлениія и находящихся на линіи вагоновъ устроена телефонная установка, схема которой представлена на фиг. 26.

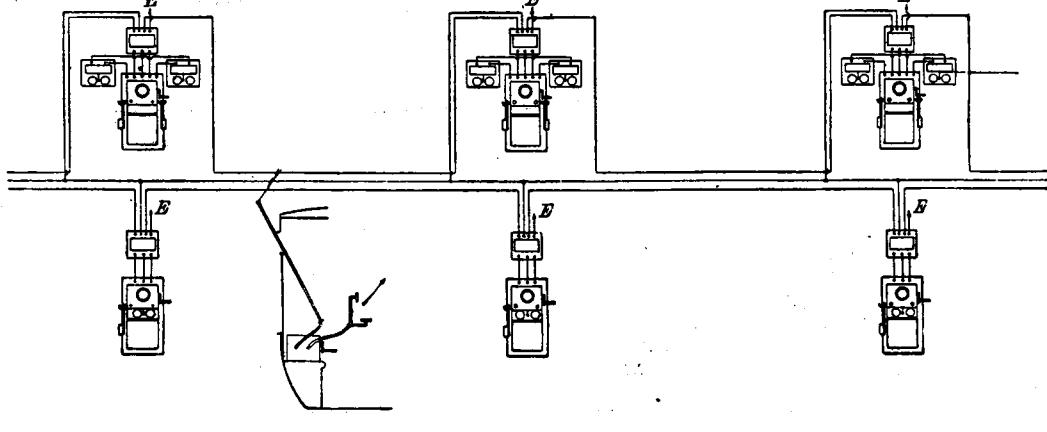
Въ виду большихъ скоростей при ъздѣ было, конечно, невозможно обойтись безъ сигнализациі. Для этой цѣли устроены автоматические свѣтовые сигналы. Чтобъ не отвлекать безъ нужды вниманія кондуктора во время ъзды, существуютъ лишь выездные сигналы; эти послѣдніе состоятъ изъ длинныхъ воронкообразныхъ ящиковъ, дно которыхъ освѣщено краснымъ или зеленымъ цвѣтомъ (смотря по состоянію линій) и которые находятся на определенномъ разстояніи отъ станціи. Ящикамъ придана особая



Фиг. 25.

(напр. C) токъ будетъ идти изъ одной половины поврежденного провода къ другой — чрезъ указатель соединенія съ землей; стрѣлка его поэтому выходитъ изъ средняго положенія, замыкая въ крайнемъ положеніи вспомогательную цѣпь, въ которую включены сигналь-

форма (фиг. 27), опредѣленная долгими опытами, должнаствующая устранить вредное вліяніе солнечнаго свѣта. Сигнальный свѣтъ дается калильными лампочками (5 зеленыхъ и 5 красныхъ) въ 32 свѣчи каждая при 120 вольтахъ въ послѣдовательномъ сое-



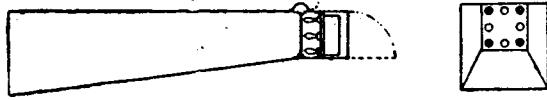
Фиг. 26. (I—для мѣстн. сообщ., II—для дальн. сообщ.. Е—земля).

ный звонокъ, — предупреждающій прислугу о неисправностяхъ. По положенію стрѣлки прибора видно, какой изъ выключателей *a* слѣдуетъ разомкнуть, чтобы локализировать найденную ошибку въ изоляціи. По отысканіи ошибки всѣ выключатели, за исключе-

дinenіемъ. Изъ упомянутыхъ 2×5 лампъ горятъ въ ящикѣ лишь 2×4 , а остальные 2×1 помѣщены въ станционныхъ будкахъ съ цѣлью давать прислугѣ понятіе о положеніи сигналовъ.

Сигналы приводятся въ дѣйствіе самимъ вагономъ,

имѣющимъ особые 2 контакта, которые, при выходѣ поѣзда со станціи, проходятъ по приложенной въ

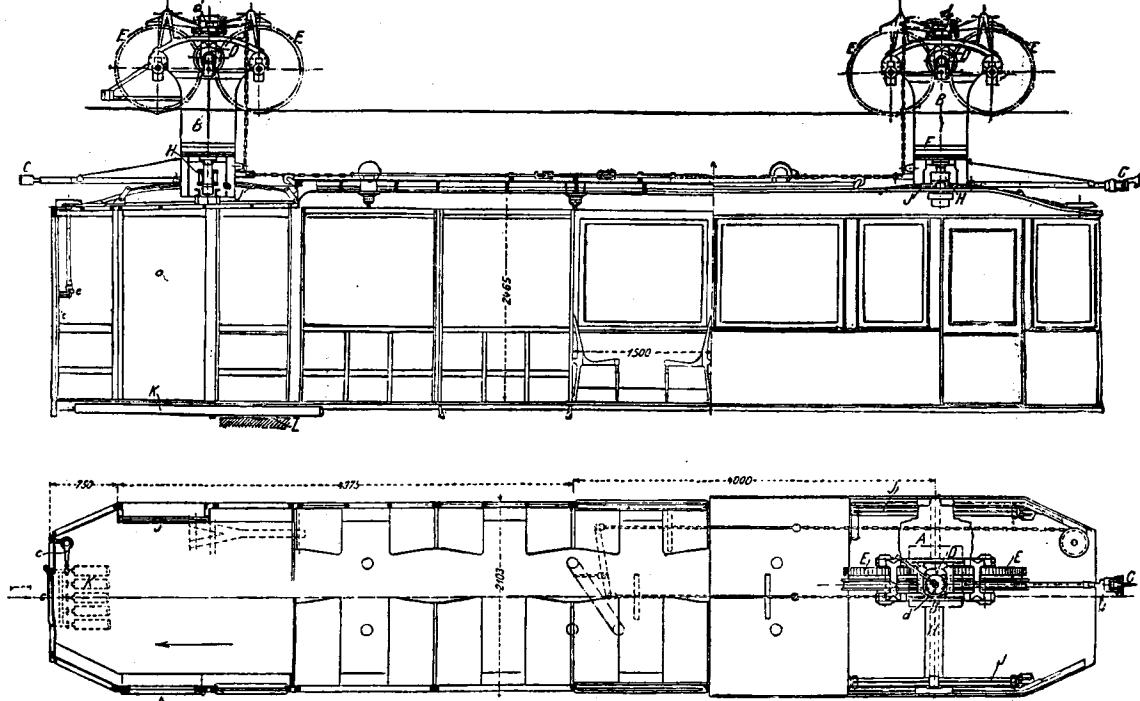


Фиг. 27. (● — красн. л. ○ — зелен. л.).

извѣстныхъ мѣстахъ рабочаго провода изолированной части, имѣющей металлическое соединеніе съ блокировочными приборами. Вслѣдствіе этого блокировочный прибор дважды попадаетъ въ замкнутую электрическую цѣль; первое замыканіе мѣняетъ зеленый цѣль—въ сигнальномъ ящики въ красный—(путь занятъ), второе замыканіе превращаетъ красный въ зеленый (путь свободенъ).

Наибольшая скорость достигаетъ 50 км въ часъ, что, при среднемъ разстояніи станціи въ 650 м., соответствуетъ наивыгоднѣйшей скорости. Начальное ускореніе выбрано въ 0,6 метр. въ секунду, отрицательное также 1 м. въ секунду, такъ что весьма плавныя

занятые пассажирами—15600 кгр., прицѣпные соответственно 11175 и 15000 кгр. (вагоны 2-хъ классные). Вагоны висятъ при посредствѣ рессоръ, на двухъ крюкообразныхъ рамахъ (фиг. 28, 29), на которыхъ сидѣть по парѣ ведущихъ колесъ, ходящихъ по рельсу. На фиг. 30 представленъ детальный чертежъ такой рамы, построенной исключительно изъ листового и профильного желѣза. Каждая рама имѣеть по двигателю, приводящему ведущія колеса (900 мм. въ диаметрѣ) во вращеніе при помощи зубчатой передачи (передача 1 : 4). Двигатели четырехъ-полюсные для послѣдовательного соединенія; при 800 оборотахъ и 530 вольтахъ и 50 амперахъ развиваются моментъ вращенія въ 27 кгр. на плечѣ въ 1 метръ. Для охлажденія ихъ устроена особаго рода вентиляція такъ, что приѣздъ свѣжій воздухъ вгоняется снизу въ оболочку двигателя и сверху высыпается уже теплымъ (фиг. 31). Всѣ части вагона пригнаны такъ, что при поломкѣ рессоры, цапфы и т. д. самыи вагонъ не можетъ отдѣлиться отъ рамы. Кромѣ входныхъ и выходныхъ дверей имѣются еще и запасныя (въ боковыхъ и лобовыхъ стѣнахъ). Подъ низомъ вагона находится значительное число трубокъ, служащихъ для сжатаго воздуха, для Вестингаузовскаго тор-



Фиг. 28.

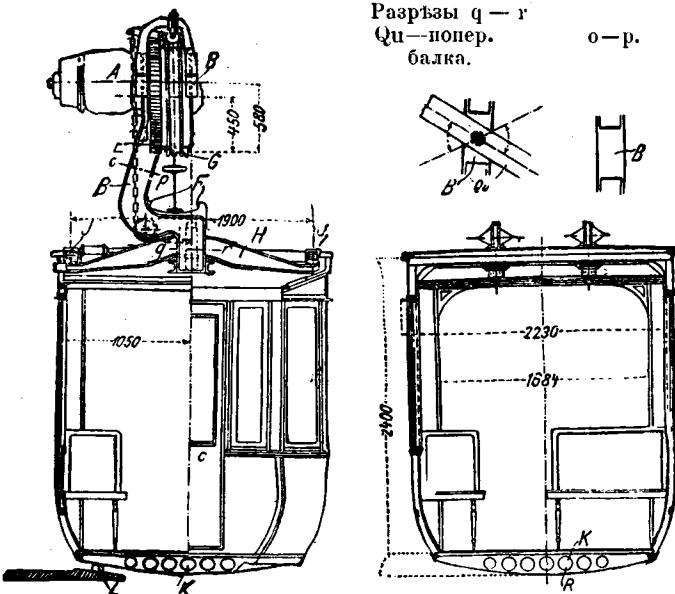
остановки и троганія съ мѣста соотвѣтствуютъ въ то же время максимуму средней возможной скорости. Всѣ оси поѣзда (2—4 вагона) — ведущія, что имѣеть цѣлью увеличить на сколько возможно силу тяги. Вагоны отличаются другъ отъ друга лишь электрической частью: вагонъ-двигатель имѣеть контроллеръ, а прицѣпные—приборы, позволяющіе имѣть лишь съ незначительной скоростью идти самостоятельно въ депо или же въ случаѣ нужды самостоятельно двигаться по линіи. Движеніе начинаютъ отдѣльными вагонами и съ длинными паузами, по мѣрѣ надобности уменьшая эти послѣднія (до $2\frac{1}{2}$ минутъ) и затѣмъ уже приѣгають къ прицѣпнымъ вагонамъ. Наибольшая производительность поѣзда, состоящаго изъ 2 вагоновъ, въ часъ — соотвѣтствуетъ 2304 пассажирамъ (въ одно направленіе), для 4-хъ вагоннаго поѣзда—4704 пассажирамъ.

Вагоны-двигатели вѣсятъ порожнемъ 12000 кгр.,

маза. Эти трубы (на особой станціи) наполняются сжатымъ воздухомъ при 10 атмосферахъ; при помощи особаго клапана давленіе его понижается до 4 атм. и онъ переводится въ вспомогательный резервуаръ, стоящий на крышѣ вагона; отсюда воздухъ поступаетъ въ тормозной цилиндръ, сидящій на рамѣ и дѣйствующій при помощи колодокъ на ободъ везущихъ колесъ. При разрывѣ поѣзда тормозъ дѣйствуетъ автоматически. Въ каждомъ вагонѣ имѣется еще и запасной тормозной клапанъ на случай надобности, равно какъ и ручной тормазъ. Токъ къ вагону подводится при помощи трущихся чугунныхъ контактовъ, которыхъ конструкція явствуетъ изъ фиг. 32. Отъ контактовъ токъ идетъ къ предохранителю-выключателю, отсюда проходитъ чрезъ максимальный выключатель, предохранитель и идетъ къ контроллеру. Контроллеръ, спроектированный фирмой Шуккерть, удовлетворяетъ слѣдующимъ весьма важнымъ условіямъ:

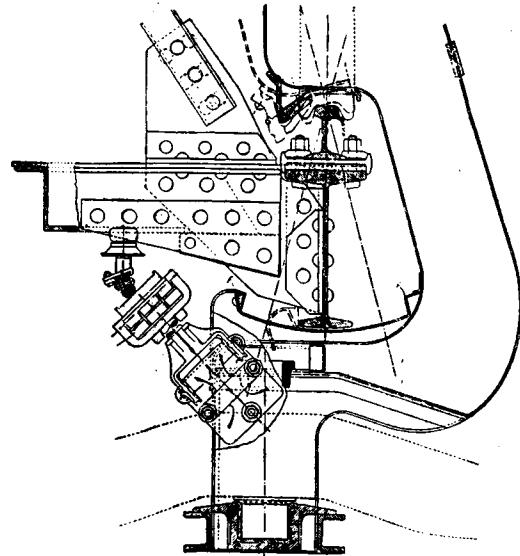
1. Всѣ соединенія подъ токомъ производятся лишь въ вагонѣ-двигатѣлѣ.

2. Безъ посторонней помощи, не заимствуя эл. энергіи изъ вѣнчихъ источниковъ всѣ двигатели поѣзда могутъ быть выключены и употреблены въ качествѣ электрическихъ тормазовъ.



Фиг. 29.

Двери во время ъезда держатся запертными при помощи особенного электрическаго прибора (см. фиг. 33), приводимаго въ дѣйствіе маленькой батареей въ 8 вольтъ и управляемаго изъ вагона-двигателя; во время ъезда защелка, притягиваемая пружиной, входитъ въ особое гнѣздо двери и держитъ ее пріепротой.

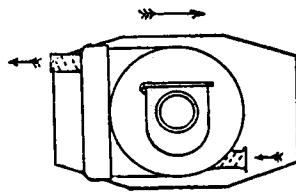


Фиг. 30.

3. Число кабелей, идущихъ отъ одного вагона къ другому, доходитъ до минимума.

4. Всѣ двигатели поѣзда работаютъ равномѣрно какъ при ъездѣ, такъ и при тормаженіи.

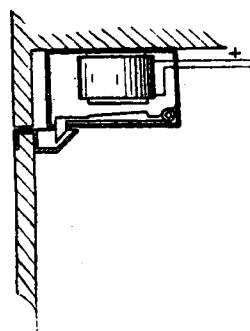
5. Всѣ двигатели поѣзда принимаютъ участіе въ ъездѣ впередъ, назадъ и тормаженіи,



Фиг. 31.

Освѣщеніе вагона производится лампами накаливания (2 цѣпи по 5 лампъ). Проводы для освѣщенія

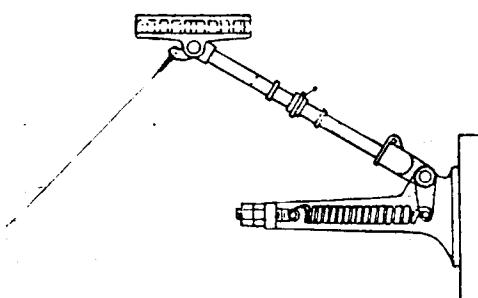
освѣщенія станцій происходитъ при помощи дуговыхъ лампъ, съ закрытой вольтовой дугой, на боль-



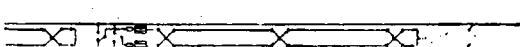
Фиг. 33.

шихъ станціяхъ 6 послѣдовательно, на промежуточныхъ—4 (схем. на фиг. 34).

Какъ уже было сказано выше, электрическая часть



Фиг. 32.



Фиг. 34.

сооруженія подвѣсной дороги Барменъ-Эльберфельдъ-Фоовинкель была построена фирмой Шуккерть, желѣзныя конструкціи—Аugsбургскаго машиностроительного завода.

(Elektr. Z. 1901. N. 26).

установлены на крыше вагона въ бергмановскихъ (бронированныхъ) трубкахъ. Надъ распределительной до-кой вагона находится распределительный ящикъ, откуда отвѣтвляются проводы для лампочекъ и т. п.

Искусственное нагружение машинъ перемѣннаго тока.

Статья Рудольфа Гольдшмита.

Весьма важный опытъ для оцѣнки работоспособности электрической машины состоитъ въ опредѣлении условий и характера ся нагрѣванія при полной нагрузкѣ или же при перегрузкѣ. Если машина не обладаетъ слишкомъ большими размѣрами, то нагрузить ее до нормы возможно во всякой фабричной испытательной лабораторії. При этомъ, конечно, будуть стараться потерять по возможности меньшее энергіи, что достигается, включая испытуемую машину въ цѣль. Кромѣ того, при генераторахъ и трансформаторахъ нагрузка безвattными токами составляетъ очень удобное средство. Эти методы, при всемъ ихъ разнообразіи, вѣроятно общеизвѣстны. Основнымъ условіемъ для ихъ выполнения служитъ существование достаточно большихъ электродвигателей для принятія энергіи отъ испытуемой машины. Вслѣдствіе этого, при опытахъ съ чрезвычайно большими машинами, являются неудобства. Для простыхъ характерныхъ опытовъ (холостой ходъ, короткое замыканіе), изъ которыхъ достаточно точно опредѣляются электрическія данныя альтернаторовъ, приемниковъ тока не требуется и даже при самыхъ большихъ машинахъ необходимо относительно небольшое количество энергіи. Довольствуясь такою-же точностью и при испытаніи машины на нагрѣваніе, можно опытъ этотъ произвести также безъ приемниковъ тока и при самой незначительной затратѣ энергіи.

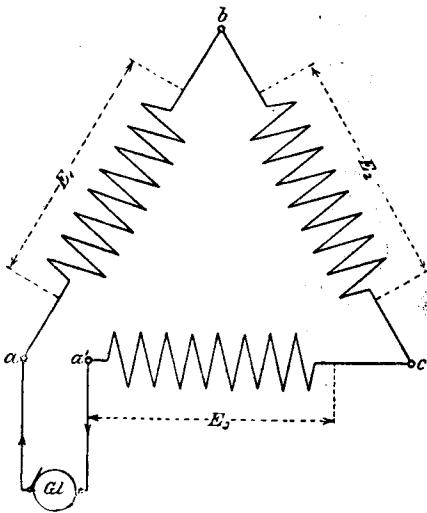
Для того, чтобы испытуемая машина не производила никакой работы, индуцированная электродвигущая сила не должна участвовать въ образованіи тока. Отсюда слѣдуетъ методъ:

При холостомъ ходѣ и полномъ нормальному напряженіи, нагрѣваютъ мѣдь испытуемой машины, постороннимъ токомъ, большую частью постояннымъ, при чѣмъ желѣзо, такимъ образомъ, находится въ нормальныхъ условіяхъ.

Само собою разумѣется, что при подведеніи тока для нагрѣванія, невозможно къ зажимамъ альтернатора, возбужденного на полное напряженіе, присоединить машину постояннаго тока или аккумуляторы. Слѣдуетъ поступить такъ, чтобы машина постояннаго тока отдавала свою энергию обмоткѣ перемѣннаго тока, не принимая, однако, отъ нея энергіи. Кромѣ того, постоянный токъ, въ якорѣ альтернатора, не долженъ оказывать вреднаго дѣйствія.

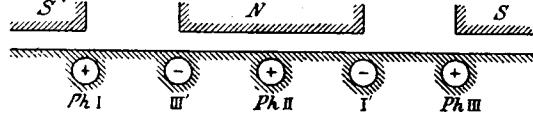
Безъ особыхъ затрудненій способъ этотъ примѣнѣмъ при коротко-замкнутыхъ якорныхъ обмоткахъ, какъ, напр., трехфазныхъ обмоткахъ, соединенныхъ треугольникомъ. Обмотка разъединяется въ точкахъ a , a' (фиг. 35) и между ними включается источникъ постояннаго тока. Три фазныхъ напряженія E_1 , E_2 , E_3 взаимно уничтожаются. Третіи гармоничныя слагающія этихъ напряженій, однако, складываются по отношенію къ a , a' , такъ что при разомкнутой обмоткѣ между a и a' существуетъ порядочное напряженіе *). Тѣмъ не менѣе при замкнутой обмоткѣ, токи, возникшіе вслѣдствіе этого напряженія, практически равны 0, такъ какъ послѣдовательно соединенные кажущіяся сопротивленія трехъ фазъ, при тройномъ числѣ периодовъ внутреннихъ токовъ, составляютъ очень большое сопротивленіе. Машина постояннаго тока присоединяется поэтому до возбужденія трехфазной машины, причемъ за первую тогда опасаться излишне. При испытаніи машинъ

высокаго напряженія, у которыхъ неизвѣстно качество изоляціи, соединяютъ, для охраны обмотокъ, одинъ полюсъ машины постояннаго тока съ ея станиной.



Фиг. 35.

Постоянныи токъ въ якорѣ трехфазной машины не производить реакціи на магниты индуктора, такъ какъ всѣ три фазы, имѣя общимъ токъ одного направленія, въ своемъ магнитномъ дѣйствіи взаимно уничтожаются. Могутъ возникнуть только мѣстные магнитные потоки. На самомъ дѣлѣ якорная обмотка, по сравненію съ магнитами индуктора, имѣть втрое болѣе полюсовъ (фиг. 36). Можно было бы опасаться, что эти поля, образуютъ въ полюсныхъ нако-



Фиг. 36.

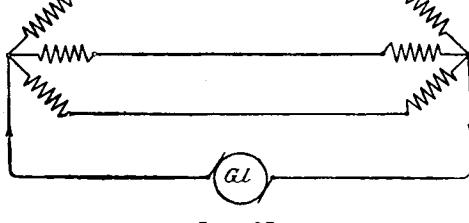
нечникахъ токи Фуко. Какъ показываетъ опытъ этого, однако, на самомъ дѣлѣ не наблюдается. Магнитная утечка мѣстныхъ потоковъ и частота токовъ Фуко слишкомъ значительны, между тѣмъ, какъ ампер-витки новѣйшихъ машинъ относительно невелики для того, чтобы они были-бы въ состояніи индуцировать ощущительные токи въ магнитныхъ наконечникахъ. Отсутствіе реакціи якоря имѣть слѣдствіемъ то, что работаютъ со слишкомъ незначительнымъ токомъ возбужденія и что деформація поля, производимая, главнымъ образомъ, поперечнымъ намагниченіемъ ваттнаго тока, не происходитъ. Токъ возбужденія въ нашемъ случаѣ практически не отличается отъ такового-же при неиндуктивной полной нагрузкѣ. Нагрѣваніе обмотки возбужденія, при индуктивной нагрузкѣ, можно вычислить принимая, для предѣловъ наблюденія, пропорціональность между расходомъ ваттовъ и повышеніемъ температуры. Оцѣнивая увеличеніе потерь на гистерезисъ, вслѣдствіе деформаціи поля, помошью теоретическихъ соображеній или-же на основаніи опытовъ съ подобными, но болѣе маленькими машинами, можно принять эти потери во вниманіе, увеличивая соотвѣтственно напряженіе. Ампер-витки индуктора увеличиваются, въ сравненіи съ ампер-витками якоря, на опредѣленное число процентовъ, что зависитъ, почти исключительно, отъ разстоянія между полюсами.

*) Въ альтернаторахъ, гдѣ слѣдуютъ поочередно полюсы разныхъ знаковъ, смотря по числу впадинъ на якорѣ и разстоянію между полюсами, напряженіе это составляетъ отъ 9 - 15% фазнаго напряженія, соотвѣтственно 3-5 процентному третьему гармоничному члену.

Машина постоянного тока въ настоящемъ опыте должна покрыть расходы энергіи только на нагрѣваніе мѣди и поэтому расходовать количество энергіи, равное лишь отъ 1—2%, энергіи трехфазного генератора. При опытахъ съ трехфазными генераторами низкаго напряженія является неудобствомъ необходимость примѣненія постоянного тока малаго напряженія и большой силы. Если не существуетъ подходящей машины, то пользуются для нагрѣванія токомъ короткаго замыканія генератора постоянного тока съ болѣе высокимъ напряженіемъ, при чмъ генераторъ можно обыкновенно нагрузить токомъ въ 1,5—2 разъ болѣе нормального. Очень часто возбудитель достаточенъ для производства тока для нагрѣванія якоря.

Съ повышениемъ нагрѣванія увеличивается и сопротивление якоря въ трехфазномъ генераторѣ, такъ что для поддержанія нормального тока необходимо постепенное возрастаніе напряженія постоянного тока. Это напряженіе служить, слѣдовательно, мѣрою повышенія температуры въ обмоткѣ якоря.

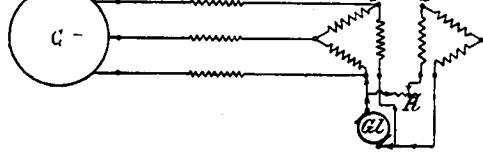
Если якорь трехфазного генератора соединенъ въ видѣ звѣзды, то на время опыта слѣдуетъ измѣнить это соединеніе на треугольное, такъ-какъ только при замкнутой обмоткѣ методъ этого примѣній безъ побочныхъ средствъ. Можно, однако, соединеніе звѣзды оставить, если существуетъ трансформаторъ того-же напряженія и той-же мощности, какъ и трехфазного генератора. Трансформаторъ присоединяется къ зажимамъ генератора, источникъ же постоянного тока включается между нейтральными точками (фиг. 37). Такимъ образомъ нагружаютъ одно-



Фиг. 37.

время и трансформаторъ, причемъ, однако, необходимо черезъ вторичную обмотку его пропустить постоянный токъ изъ того-же источника, что и для первичной обмотки или изъ особой машины.

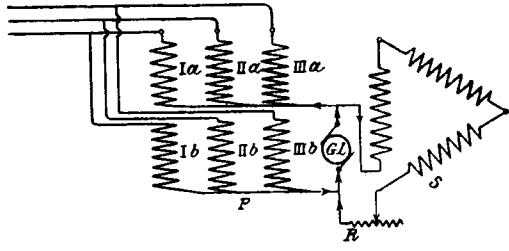
Если желаютъ примѣнить эту схему соединенія для испытаній трансформаторовъ, то необходимо имѣть генераторъ той-же мощности. Для того, чтобы можно было-бы ограничиться меньшимъ трехфазнымъ генераторомъ, необходимо соединить трансформаторъ треугольникомъ и въ первичной обмоткѣ. При этомъ, однако, генераторъ долженъ быть предохраненъ отъ постоянного тока посредствомъ сопротивленій (фиг. 38).



Фиг. 38.

праженія въ этихъ сопротивленіяхъ невелико, вслѣдствіе небольшого значенія беззатратнаго тока трансформатора. По этой-же причинѣ можно источникъ постоянного тока включить въ одну изъ фазъ первичной обмотки; при этомъ не слѣдуетъ опасаться несимметрии въ распределеніи напряженія.

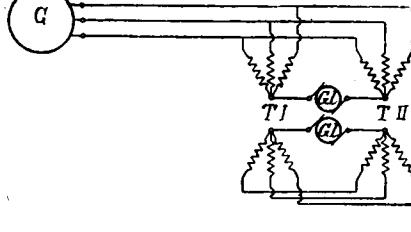
Если обмотка трансформатора разложена на отдѣльные катушки, то, во избѣжаніе необходимости пользованія добавочными сопротивленіями, первичная катушки соединяютъ въ двѣ параллельныя группы съ двумя особыми нейтральными точками и между этими послѣдними включаютъ источникъ постоянного тока (фиг. 39). Трансформаторъ, въ такомъ



Фиг. 39.

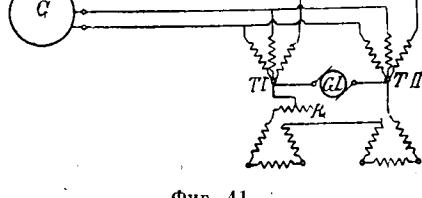
случаѣ, долженъ быть питаемъ вдвое меньшимъ напряженіемъ.

Для нагрузки двухъ или несколькиихъ равныхъ трансформаторовъ не требуется ни измѣненія ихъ схемы включения, ни добавочныхъ сопротивленій. Соединяютъ всѣ обмотки въ формѣ звѣзды, а первичные и вторичные обмотки трансформаторовъ параллельно. Постоянный токъ включается между нейтральными точками (фиг. 40). Для того, чтобы



Фиг. 40.

воспользоваться только однимъ источникомъ постоянного тока, требуются часто вторичныя (низкаго напряженія) обмотки соединять въ видѣ звѣзды и послѣдовательно (фиг. 41).



Фиг. 41.

Нагрузка трансформаторовъ вышесписаннымъ способомъ въ отношеніи нагрѣванія совершенно тождественна съ рабочей нагрузкой, такъ-какъ постоянный токъ въ данномъ случаѣ не намагничиваетъ жѣлѣза.

Нельзя, однако, тогоже утверждать о трехфазныхъ двигателяхъ; у нихъ было-бы достаточно (соединение подобно фиг. 39) подвести постоянный токъ статору или ротору. Если пропускать, наприм., постоянный токъ черезъ роторъ, соединяя его нейтральную точку съ жѣлѣзомъ и включая машину постоянного тока между станиной трехфазного двигателя и контактными кольцами, то образуется въ роторѣ неподвижное поле, имѣющее полюсовъ втрое болѣе, чмъ главное поле (сравн. фиг. 36). Если пер-

вичная обмотка (статоръ) соединена треугольникомъ, то поле постоянного тока ротора вызываетъ въ первичной обмоткѣ переменный токъ, циркулирующій внутри замкнутой треугольной обмотки. Къ сожалѣнію, первичный токъ, при токѣ полной нагрузки въ роторѣ, составляетъ только $\frac{1}{12}$ рабочей слагающей полного тока нагрузки + тока при холостомъ ходѣ (геометр. слож.). Путемъ опыта это приблизительно подтвердилось.

Якорные обмотки однофазныхъ машинъ доступны для нагреванія постороннимъ токомъ только въ исключительныхъ случаяхъ (при легкодоступныхъ обмоткахъ въ формѣ катушекъ). Для этого слѣдуетъ всѣ катушки поочередно включить въ противоположныхъ направленияхъ, такъ что напряженіе у замыкания станетъ равнымъ нулю и можно къ нимъ безопасно присоединить машину постоянного тока.

Въ однофазныхъ трансформаторахъ соединеніе въ противоположномъ направлении нужно произвести только въ двухъ частяхъ, что легко выполнимо.

Нагрузка обмотокъ постояннымъ токомъ возможна также въ комбинаціи и съ переменнымъ токомъ. Въ тѣхъ случаяхъ, где переменный токъ недостаточенъ по величинѣ для нагрузки, можно дополнить ее постояннымъ токомъ.

Методъ этотъ, во многихъ случаяхъ, оказался, въ испытательной лабораторіи Электрич. Акцион. Общ. Кольбенъ и К°, удобно примѣнимымъ.

(Elektrot. Z. N. 34, 1901).

Электрическое оборудование Парижской Выставки 1900 г.

Р. Пику сообщаетъ парижскому международному обществу электриковъ объ электрическомъ оборудованіи Парижской Выставки и результатахъ эксплоатации его. Докладчикъ обращаетъ вниманіе на тѣ трудности, которыя пришлось преодолѣть устроителямъ. Дѣйствительно, было необходимо организовать распределеніе освѣщенія и энергіи съ помощью выставленныхъ машинъ самыхъ разнообразныхъ устройствъ; финансовая условія были также далеко не блестящи; для того, чтобы удовлетворить всѣхъ, пришлось воспользоваться всѣми экспонатами; всѣ устройства дѣлали во время горячки, присущей устройствамъ всѣхъ выставокъ; всѣ неудачи и несчастные случаи валили на электричество, хотя во многихъ случаяхъ оно было совершенно не причемъ; всѣ канализаціи, даже подземныя, подвергались самыми различными случаямъ отъ излишней поливки земли и т. п.; трансформаторные будки часто повреждались, несмотря на объявленія на нихъ, предупреждающія объ опасности; наконецъ, различные элементы генераторной станціи состояли изъ машинъ самыхъ различныхъ типовъ, приводимыхъ въ движение двигателями различныхъ экспонентовъ;—несмотря на все это, перерывы въ службѣ были весьма не часты и не было ни убитыхъ, ни раненыхъ, ни пожаровъ. Полная мощность генераторныхъ единицъ равнялась 37085 лош. силы, раздѣленныхъ на 30 генераторовъ, изъ которыхъ мощность наименѣшаго, равнялась 350 лош. силамъ. Всѣ машины постоянного тока имѣли напряженіе или 500, или 250 вольтъ; для распределенія была принята трехпроводная система, по 225 вольтъ на проводъ; распределительная доска, сооруженная фирмой Клемансонтъ, была разсчитана по этимъ даннымъ; на ней помѣщались лишь измѣрительные приборы и приборы для включения; регулированіе генераторовъ производилось самими экспонентами, по телефоннымъ приказаніямъ дежурного у доски; несмотря на сложную службу этого дежурного, всѣ были довольны подобнымъ порядкомъ, такъ какъ даже включение и

выключение при весьма большихъ силахъ тока и при 500 вольтахъ не представляло никакихъ неудобствъ.

Эксплоатация альтернаторовъ была гораздо сложнѣе, вслѣдствіе большого различія генераторовъ; дѣйствительно, имѣлись машины многофазныя на 2900 вольтъ; двухфазныя — на 2200 в., при 42 и 50 периодахъ; трехфазныя — на 3000 вольтъ; трехфазныя на 5000 вольтъ, при 25 и 50 периодахъ. Очевидно, что нельзя было и думать о параллельной работе: какихъ либо альтернаторовъ, хотя и одинаковыхъ напряженія и числа периодовъ, но различныхъ фирмъ; вслѣдствіе этого: происходило громадное усложненіе всей распределительной доски. Для работы, машины были раздѣлены на группы по 2—3 машины, которые и работали послѣдовательно. Выборъ системы проводки и типа кабелей также представлялъ извѣстныя затрудненія. Постоянный токъ былъ проведенъ лишь на Марсовомъ полѣ, какъ на ближайшую къ генераторамъ часть Выставки; съ цѣлью экономіи, а также вслѣдствіе особыхъ условій, въ которыхъ находилась проводка (она была уложена подъ деревянными досками), были взяты кабели съ каучуковой изоляціей, уложенные непосредственно въ землю; это расположение дало удовлетворительные результаты, но не можетъ быть рекомендовано при другихъ обстоятельствахъ; даже и въ данномъ случаѣ это была большая сѣмѣость. Кроме этихъ подземныхъ проводокъ, обслуживавшихъ галлерей Марсова поля, была устроена воздушная проводка для освѣщенія кафе и ресторановъ, расположенныхъ вдоль этихъ зданій; обѣ проводки, воздушная и подземная, были соединены въ нѣкоторыхъ мѣстахъ для лучшаго использования сѣченія кабелей и уменьшенія расхода на мѣдь. Линіи были защищены главными предохранителями; но вскорѣ убѣдились въ ихъ безполезности и даже вредѣ: дѣйствительно, вначалѣ, даже неудачный пускъ двигателя въ ходъ причинялъ непріятность; въ виду этого, перешли къ автоматическимъ выключателямъ, болѣе чувствительнымъ и точнѣе дѣйствующимъ,—что позволило избѣгнуть этихъ неудобствъ. Проводка переменныхъ токовъ состояла изъ 9 главныхъ линій: каждая линія состояла изъ двухъ кабелей, изъ которыхъ каждый былъ достаточенъ нести на себѣ всю службу; въ обыкновенное время оба кабеля работали параллельно. Они были раздѣлены на части: послѣдовательная части были соединены коммутаторами, позволявшими выключать моментально изъ цѣпи ту или другую часть, пользуясь въ то же время оставл.ной частью цѣпи.

Сѣченіе кабелей было выбрано довольно произвольно, такъ какъ данныя потребленія энергіи были весьма неопределены. Однако же они оказались вполнѣ достаточными и съ этой стороны не было нареканій.

Полная длина кабелей постоянного тока равнялась 20200 м.; полное сѣченіе кабелей у выхода равнялось 2750 мм. Эти кабели были уложены въ траншеи, длиною до 28 км. Эти цифры показываютъ величину работы, которая, начатая 15 января (н. с.) 1900 года, была окончена лишь ко дню открытия Выставки, 15 апрѣля; но для того, чтобы достигнуть этихъ результатовъ среди беспорядка, который царилъ на Выставкѣ и среди нелюбезного отношения экспонентовъ,—надо было проявить много энергии. Пику разсказываетъ, что въ воскресенье, предшествовавшее открытию Выставки, ему лично пришлось просить Администрацію Выставки о прекращеніи движенія вагоновъ по всей Выставкѣ: въ этотъ день было уложено 5 км. кабелей.

Проводки переменного тока прымкали къ 45 главнымъ и 8 малымъ трансформаторнымъ будкамъ. Отъ этихъ 53 пунктовъ выходили вторичныя цѣпи, которыя были, главнымъ образомъ, подземныя.

Освѣщеніе Елисейскихъ полей, Эспланады Инвалидовъ и питаніе находившихся тамъ электродвигателей было обеспечено особымъ трехфазнымъ генераторомъ въ 5000 вольтъ при 25 периодахъ, токъ ко-

торого трансформировался преобразователемъ въ постоянный токъ въ 500 вольтъ; при столь низкой частотѣ не представлялось возможнымъ получить хорошее освѣщеніе и потому этотъ трехфазный генераторъ былъ принятъ лишь подъ тѣмъ условіемъ, что тѣмъ же заводчикомъ будетъ доставленъ и соответствующій преобразователь. Освѣщеніе было сдано частью съ подрядомъ, частью по простымъ соглашеніямъ. Оно приводилось главнымъ образомъ дуговыми лампами; лампы накаливания употреблялись лишь для украшений и внутри помѣщений.

Определеніе количества лампъ предоставляло также большое затрудненіе, вслѣдствіе отсутствія точныхъ данныхъ; въ качествѣ руководства при этихъ определеніяхъ пользовались данными, опубликованными И. Фонтеномъ послѣ Парижской Выставки 1889 года. Результаты пользованія этими данными были вполнѣ удовлетворительны. Примѣромъ того, какъ трудно было установить количество лампъ, можетъ служить тотъ фактъ, что подрядчикъ хотѣлъ установить въ Залѣ праздненствъ (Salle des Fêtes) 200 дуговыхъ лампъ, ссылаясь на свою долголѣтнюю практику, а Пику находилъ достаточнымъ—56 и дѣйствительно, въ результатѣ оказалось, что 56 лампъ было вполнѣ достаточно.

Въ некоторыхъ зданіяхъ, напримѣръ, въ галлерѣи машинъ, въ особенности, въ иностранномъ отдѣлѣ, где находился большой кранъ,—трудно было выбрать мѣсто для постановки лампъ; на Елисейскихъ поляхъ большое количество вѣтвистыхъ и низкихъ деревьевъ причиняло также большія неудобства.

При расчёте числа лампъ пользовались слѣдующими данными:

Нижняя полусферическая сила свѣта

Мощность лампъ дуговыхъ	при открытии	полезная (потеря дуги)	при колпакѣ 50%
800 ватт (15—16 амп.)	4000 дес. св.	2000 дес. св.	
600 "	2700 "	1350 "	"
500 "	2000 "	1000 "	"
400 "	1600 "	800 "	"

Принимая эти данные получили нижеслѣдующую среднюю освѣщенность земли для различныхъ помѣщений:

Зала праздненствъ	13,0	свѣт. на м ² .
Отдѣлъ питат. продукт.	2,9	" "
" нижня сторона	9,3	" "
" машинъ	13,5	" "
Галлеря 1-го этажа дворца электричества	24,0	" "
Дворецъ садоводства	7,0	" "
Сады Елисейскихъ полей	7,1	" "

Дворецъ Садоводства освѣщался лампами съ закрытой вольтовой дугой; при этомъ получалось очень приятное впечатлѣніе лунного свѣта; освѣщенность Елисейскихъ садовъ получилась точно по расчету; но въ тѣнистыхъ мѣстахъ, подъ деревьями, она была меньше, несмотря на то, что высота кратера была понижена во многихъ мѣстахъ до 35 м. надъ поверхностью земли; на каждыя 250 м² приходилась дуговая лампа въ 10 амперъ.

Въ общемъ, официальное освѣщеніе заключало 3318 дуговыхъ лампъ и 45000 лампъ накаливания.

Кромѣ освѣщенія, энергіей питались также 683 электродвигателя; 583—изъ нихъ находились въ зданіяхъ Марсова поля;—остальные 100 были раскиданы по различнымъ мѣстамъ; администраціей Выставки было решено чтобы машины находились у мѣстъ выставки производимыхъ ими продуктовъ и чтобы число передаточныхъ валовъ было бы возможно ограничено и поэтому двигатели были раскиданы по всей Выставкѣ.

Слѣдствіе употребленія двигателей перемѣнного

тока можно было убѣдиться, какъ мало годятся альтернаторы если они не приспособлены специально къ этой цѣли: машина въ 1500 лош. силъ была совершенно парализована, когда питала двигатель хотя бы въ 100 л. с. Во время Выставки, не считая времени до открытия и послѣ закрытия, время службы освѣщенія и энергіи равнялось 2756 часамъ; время общественнаго освѣщенія—909 час.; среднее время работы каждого генератора—715 час.

Общая мощность всѣхъ присоединенныхъ приборовъ пріемниковъ равнялась 11650 киловаттъ, изъ которыхъ 3700—для освѣщенія, 5700—для двигательной силы и 2250—для частныхъ потребителей.

Средняя величина продаваемой энергіи равнялась 3400, съ максимумомъ въ 5750 киловаттъ. Расходъ энергіи въ день равнялся въ среднемъ 25300 киловаттъ-часамъ съ максимумомъ 38000 киловаттъ-часовъ.

Къ этой мощности, присоединенной къ сѣти Выставки слѣдуетъ еще прибавить 3300 киловаттъ, присоединенныхъ къ городской сѣти, 400 киловаттъ, питавшихся отъ маленькихъ частныхъ установокъ съ газовыми двигателями и, наконецъ, еще установки электрической желѣзной дороги и подвижного тротуара.

Въ дополненіе къ сообщенію Пику, Маскарт обратилъ вниманіе на большое вліяніе поверхностей на освѣщеніе пространствъ. При бѣлыхъ стѣнахъ, освѣщенность, при одномъ и томъ же числѣ лампъ, можетъ быть въ 4—5 разъ больше, чѣмъ при темныхъ стѣнахъ или въ листѣ,—чѣмъ и объясняется хорошее освѣщеніе Залы праздненствъ.

(L' ecl. pl. № 11).

ОБЗОРЪ

Реакція самоиндукціи концентрическихъ кабелей. Отсутствіе вѣнчанаго поля у концентрическихъ кабелей можетъ привести къ заключенію, что они совершенно не имѣютъ реакціи самоиндукції. Совершенно справедливо, что наружный проводникъ не испытываетъ въ этихъ кабеляхъ никакого индуктивнаго дѣйствія, но, какъ это видно изъ послѣдующаго, внутреннимъ полемъ не всегда можно пренебрегать. Для вычисленія самоиндукціи мы имѣемъ формулу, что коэффиціентъ самоиндукції равенъ удвоенной энергіи магнитнаго поля, возбужденного единицей тока. Энергію на единицу объема можно принять равной $\frac{H^2}{8\pi}$ (если принять коэффиціентъ магнитной проницаемости μ за величину постоянную), откуда, если μ будетъ извѣстно для всѣхъ точекъ поля, интегрированіемъ найдется полная величина энергіи. Въ концентрическомъ кабельѣ проницаемость равна единицѣ, за исключениемъ брони, если она есть, а такъ какъ H съ наружной стороны наружного проводника равно нулю, то броня не имѣть вліянія на коэффиціентъ самоиндукції. Въ простомъ концентрическомъ кабельѣ, въ которомъ наружный проводникъ употребляется для возвращенія тока, наружного поля не существуетъ, такъ какъ величина получающаяся въ результатаѣ тока равна нулю. Между обоими проводниками, а также и во внутреннемъ проводникѣ, поле зависитъ только отъ послѣдняго, такъ какъ вѣнчаное внутреннаго поля не даетъ. Въ какой-нибудь точкѣ между проводниками поле на единицу силы тока равно $\frac{2r}{z}$, где z есть разстояніе точки отъ центра, а во внутреннемъ проводникѣ оно равно $\frac{2r}{a^2}$, где a —радиусъ его. Назвавъ радиусъ наружнаго проводника чрезъ b и интегрируя, мы находимъ для коэффиціента самоиндукціи, расчитанного на 1 сант. длины кабеля, слѣдующее выраженіе

$$L = 2 \log_e \frac{b}{a} + \frac{1}{2} ^*)$$

въ единицахъ С. Г. С—системы. Первый членъ этой суммы, относящийся къ полю промежуточного діэлектрика, зависитъ только отъ отношения обоихъ радиусовъ, а второй, относящийся къ полю во внутреннемъ проводнику, отъ радиуса послѣдняго не зависитъ. Если взять въ качествѣ внутренняго провода тонкую трубку (какъ, напримѣръ, въ кабеляхъ Дэлтфорда), то этотъ членъ превращается въ ноль. Точно также всякое сосредоточеніе тока въ внутреннемъ проводнику по направлению къ периферіи уменьшаетъ этотъ членъ. Наименьшее значеніе $L = \frac{1}{2}$ получается для сплошнаго внутренняго провода въ томъ случаѣ, когда толщиной діэлектрика можно пренебречь. Въ кабеляхъ для большихъ напряженій отношеніе $\frac{b}{a}$ можетъ достигать 3 или около этого, при чмъ величина L будетъ равна приблизительно 3. Интересно отмѣтить тотъ фактъ, что такъ какъ реакція самоиндукціи существуетъ только во внутреннемъ проводнику, то, если оба проводника равнаго съченія, паденіе потенціала во внутреннемъ проводнику будетъ немнога больше, чмъ въ наружномъ. Въ кабеляхъ большого съченія реакція самоиндукціи будетъ замѣтнѣе, такъ какъ токъ будетъ сильнѣе, тогда какъ паденіе потенціала, зависящее отъ сопротивленія при данной плотности тока будетъ одинаково какъ въ большихъ, такъ и въ малыхъ кабеляхъ. Возьмемъ, напримѣръ, кабель, по которому проходитъ токъ (С) въ 1000 амперъ. Предположивъ, что размѣры съченія кабеля таковы, что $L = 1$, мы находимъ паденіе потенціала (V) на разстояніи (l) одного километра, при частотѣ $n = 50$

$$V = 2\pi n L Cl = \text{положимъ } 300 \times 1 \times 1000 \times \frac{10^5}{10^9} = \\ = 30 \text{ вольтъ.}$$

Если вычислить для этого-же кабеля паденіе, зависящее отъ омического сопротивленія, то получится почти то же самое, тогда какъ при кабель на 100 амперъ индуктивная потеря при $L = 1$ будетъ не болѣе одной десятой потери омической.

Самоиндукція концентрическихъ кабелей всегда меньше, чмъ двухъ отдѣльныхъ кабелей. Для послѣдняго случая предыдущая формула принимаетъ слѣдующій видъ:

$$L = 4 \log_e \frac{d}{a} + 1 \text{ на см., въ С.Г.С.}$$

гдѣ d —разстояніе между центрами кабелей, а a —радиусъ каждого изъ нихъ. Наименьшее значеніе L получается когда кабели соприкасаются, въ каковомъ случаѣ $d = 2a$ и $L = 3.77$. Обычайна для практики величина будетъ около $L = 5$, тогда какъ при концентрическихъ кабеляхъ эта величина обыкновенно равна $L = 1$ или 2. Кромѣ того, концентрические кабели имѣютъ то преимущество, что на величину ихъ самоиндукціи не вліяетъ одѣванье броней.

Для трехпроводной, однофазной и трехфазной системъ употребляются иногда тройные концентрические кабели. Въ первомъ случаѣ наружный проводникъ дѣлается нейтральнымъ и притомъ его берутъ меньшаго съченія, чмъ два внутренніе, такъ какъ по нему проходитъ только разность двухъ токовъ. Разсуждая такъ-же, какъ и въ двухъ предыдущихъ простѣйшихъ случаяхъ, мы находимъ, что выражение для коэффициента самоиндукціи состоить въ этомъ случаѣ изъ трехъ членовъ: два члена такіе-же,

*) Эта формула дана проф. Д. Томсономъ въ его «Элементахъ математической теоріи электричества и магнетизма». (Русскій пер. подъ ред. проф. Садовскаго. Издание Риккера).

какъ и раньше, именно $2 \log_e \frac{b}{a} + \frac{1}{2}$, для самого внутренняго провода, и кромѣ того, еще одинъ дополнительный членъ $2 \log_e \frac{c}{b}$ для промежутка между среднимъ и наружнымъ проводами (a , b , c —радиусы проводниковъ). Поле въ этой части зависитъ только отъ разности двухъ внутреннихъ токовъ, и реакція самоиндукціи здѣсь уменьшаетъ эту разность. Дѣйствіе самоиндукціи обнаруживается, главнымъ образомъ, на токи средняго проводника.

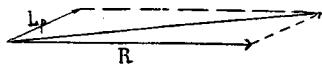
Для того, чтобы выяснить значеніе потери напряженія, вызываемаго неравенствомъ двухъ внутреннихъ токовъ, примемъ, что эта разность равна 100 амперамъ и примемъ отношеніе $\frac{c}{b} = \frac{5}{4}$ или $2 \log_e \frac{c}{b} = \frac{1}{2}$ приблизительно. Потеря потенціала, въ вольтахъ на километръ, при частотѣ тока $n = 50$ будетъ $V = 2\pi n L Cl = 300 \times \frac{1}{2} \times 100 \times \frac{10^5}{10^9} = 1^{1/2}$ вольта.

Такимъ образомъ дѣйствіе самоиндукціи въ этомъ случаѣ почти неощущимо.

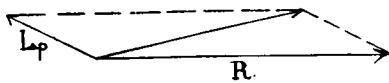
При тройномъ концентрическомъ кабеле, проводящемъ трехфазный токъ, вицънаго поля нѣть, такъ какъ сумма токовъ, взятыхъ въ любомъ направлении, въ каждое мгновеніе равна нулю. Внутри средняго проводника мы имѣемъ поле, зависящее отъ внутренняго тока, и поэтому коэффициентъ самоиндукціи внутренняго провода выразится, какъ и прежде, формулой $2 \log_e \frac{b}{a} + \frac{1}{2}$. Между среднимъ и наружнымъ проводниками существуетъ поле, зависящее отъ алгебраической суммы токовъ въ этихъ проводникахъ въ каждое мгновеніе. Если мы обозначимъ одинъ токъ чрезъ CSn^4 , то другой будетъ $CSn(\theta - 120^\circ)$ и сумма будетъ $CSn^4 + CSn(\theta - 120^\circ) = CSn(4 - 60^\circ)$. Это представляеть токъ съ той-же самой амплитудой, какъ и токъ каждой отдѣльной фазы. Такъ какъ обратная электродвижущая сила, возникающая вслѣдствіе самоиндукціи, отстаетъ на 90° , то она будетъ имѣть, фазу $\theta - 150^\circ$, а, слѣдовательно, разность между нею и дѣйствующею электродвижущую силой будетъ 30° . Возьмемъ $\frac{c}{b} = \frac{5}{4}$ и $p = 2\pi n = 300$, какъ и раньше. Тогда величина реакціи самоиндукціи выразится:

$$Lp = 2 \times 10^5 \log \frac{5}{4} \times p = 0,015 \text{ на килом.}$$

Омическое сопротивленіе на килом., для проводника съченія въ 0,5 квад. дюймъ, равно 0,5. Складывая реакцію цѣпи и сопротивленіе, мы находимъ кажущееся сопротивленіе промежуточного проводника, какъ показано на фиг. 42 и фиг. 43. Уголъ между



Фиг. 42.

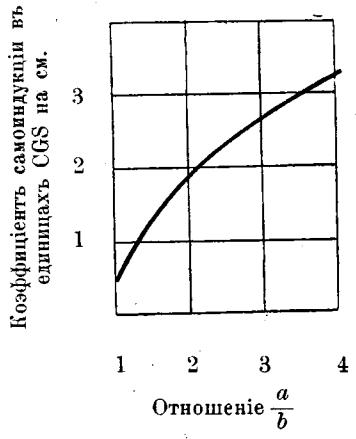


Фиг. 43.

векторами, означающими Lp и R , равенъ 30° на фиг. 42 и 150° на фиг. 43, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущихъ разсужденій. Вліяніе самоиндукціи на средний проводникъ будетъ больше, чмъ на внутренній, и если мы примемъ, что это вліяніе цѣликомъ обнаруживается на среднемъ проводнике, то изъ выше

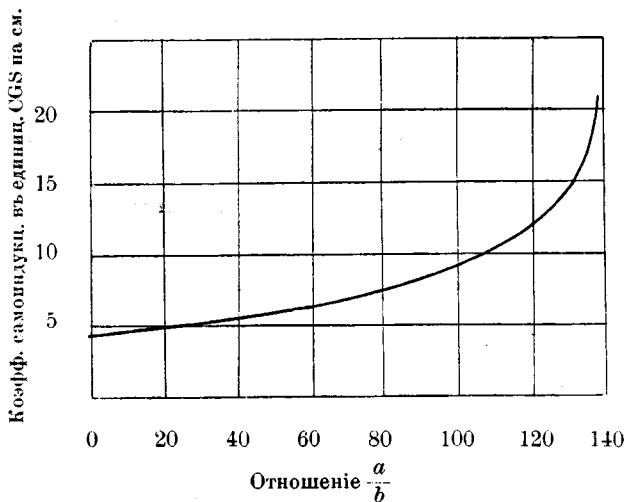
приведенныхъ диаграммъ видно, что въ разматриваемомъ кабель—т. е. тройномъ концентрическомъ кабель, проводящемъ трехфазный токъ, каждый проводникъ которого имѣть съченіе въ 0,5 квад. дюйма—потеря напряженія въ промежуточномъ проводнике можетъ увеличиться до 20%, если проходящій по нему токъ по фазѣ опережаетъ токъ внутренняго проводника. Съ другой стороны эта потеря будеть уменьшена, если взаимное отношеніе фазъ будеть обратное предыдущему. При соединеніи кабелей съ распределительной доской это обстоятельство слѣдуетъ принимать во вниманіе.

Съ цѣлью облегчить практическое приложеніе формулы коэффициента самоиндукціи здѣсь приложена кривая (фиг. 44), по ординатамъ которой отло-



Фиг. 44.

жены величины коэффициента самоиндукціи $L = \frac{b}{a} \log_e \frac{b}{a} + \frac{1}{2}$, а по абсциссамъ величины отношенія $\frac{a}{b}$. Для сравненія дальше (фиг. 45) приведена также



Фиг. 45.

подобная-же кривая, дающая коэффициента самоиндукціи двухъ параллельныхъ кабелей. Ординатами здѣсь служатъ величины $L = 4 \log_e \frac{b}{a} + 1$, а абсциссами величины отношенія $\frac{b}{a}$. Длина обѣихъ кривыхъ достаточна для всѣхъ случаевъ, встрѣчающихся въ практикѣ.

(Electrical Review).

Объ одномъ способѣ пусканія въ ходъ трехфазныхъ индукціонныхъ двигателей. На станціи Крицкъ въ Прагѣ примѣненъ способъ пусканія въ ходъ трехфазныхъ двигателей, предложенный Фишеръ - Хинненомъ. Способъ этотъ, какъ извѣстно*, состоитъ въ томъ, что, вмѣсто обычнаго включенія въ каждую цѣпь арматуры не индуктивныхъ сопротивленій, въ нихъ, вмѣсто этого, включается параллельно два сопротивленія, одно большое неиндуктивное (R_1), а другое малое, но съ большимъ коэффициентомъ самоиндукціи (L_2). Въ моментъ пуска въ ходъ катушка съ большимъ коэффициентомъ самоиндукціи дѣйствуетъ совершенно такъ-же, какъ и очень большое сопротивленіе, а вмѣстѣ катушки дѣйствуютъ такимъ же самымъ образомъ, какъ два большихъ сопротивленія, соединенныхъ параллельно. По мѣрѣ того, какъ скорость увеличивается и частота вторичной цѣпи уменьшается, кажущееся сопротивленіе индуктивной катушки также уменьшается и большое омическое сопротивленіе такимъ образомъ шунтируется постоянно уменьшающимся кажущимся сопротивленіемъ. Наконецъ, когда двигатель идетъ полнымъ ходомъ, полное сопротивленіе пускаемой въ ходъ системы становится почти равнымъ омическому сопротивленію катушки съ самоиндукціей. Повидимому, единственнымъ преимуществомъ этого способа является то обстоятельство, что двигатель автоматически, безъ всякихъ переключеній, переходитъ на рабочій ходъ. Кажущееся сопротивленіе (R) и коэффициентъ самоиндукціи (L) такого параллельного устройства выражаются слѣдующимъ образомъ:

$$R = \frac{\omega^2 L_2}{R_1}$$

$$\omega L = \frac{R_1^2}{\omega^2 L_2}$$

гдѣ:

$\omega = 2\pi n$, n —число перемѣнъ тока въ арматурѣ.

Такой результатъ получается въ томъ предположеніи, что омическое сопротивленіе катушки съ самоиндукціей и самоиндукція неиндуктивного сопротивленія настолько малы, что ими можно пренебречь.

Изъ предыдущаго ясно, что между электродвижущими силами и токами въ арматурѣ возникнетъ разность фазъ (δ), выражаемая формулой

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{R_1^3}{\omega^4 L_2^3}$$

Здѣсь R_1 постоянно и весьма велико, тогда какъ ω уменьшается по мѣрѣ увеличенія скорости. Поэтому съ увеличеніемъ скорости будеть возрастать, пока не достигнетъ нѣкоторой постоянной величины. Такимъ образомъ во всякое время движения является нѣкоторая разность фазъ между электродвижущими силами и токами арматуры что вызываетъ не только пониженіе движущаго усилия при пускѣ въ ходъ, но и пониженіе полезнаго дѣйствія двигателя во все время работы. Такимъ образомъ, этотъ способъ повидимому не можетъ дать столь же хорошихъ результатовъ, какъ примѣненіе одного не индуктивного сопротивленія въ каждой цѣпи.

(El. Rev.).

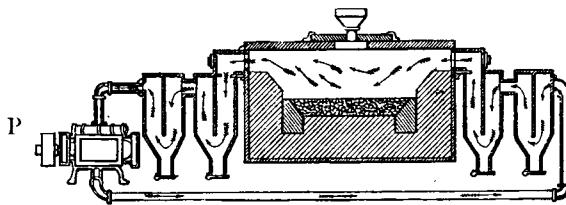
Переработка мышьяковистыхъ рудъ въ электрической печи. Удаленіе metallurgicheskimi способами мышьяка изъ рудъ желѣза, мѣди, никеля и т. д. связано съ большими затрудненіями, и потому мышьяковистыя руды, даже заключающія въ себѣ дорогіе металлы, сравнительно рѣдко подвергаются переработкѣ. Но мышьякъ довольно легко отгоняется нагреваніемъ руды до достаточно высокой температуры; если руда содержитъ въ себѣ мышьякъ въ видѣ обыкновенного мышьяковистаго

* См. Электричество, 1900 г. № 21, стр. 296.

колчедана (арсенопирита $FeAsS$), то мышьякъ при нагрѣваниі улетучивается, и остается легкоплавкое односѣристое желѣзо FeS ; если въ рудѣ имѣются соединенія, болѣе богатыя мышьякомъ (лайкопиритъ $Fe_3 As_4$ или лѣллингитъ $FeAs$), то къ ней примѣшивается соотвѣтствующее количество желѣзного колчедана FeS_2 .

Для подобной переработки мышьяковистой руды Вестманъ построилъ электрическую печь, описываемую Герингомъ. Довольно простая конструкція печи изображена въ продольномъ разрѣзѣ на фиг. 46.

T



Фиг. 46.

На днѣ печи находятся оба электрода, между которыми, чрезъ закрывающуюся герметически воронку T , засыпается руда. Послѣдняя и въ холодномъ состояніи проводить токъ достаточно, чтобы замкнуть цѣль, а затѣмъ нагрѣвается проходящимъ токомъ. Въ верхней части печи вѣланы трубы, по которымъ чрезъ нес впродолженіе всей операции пропускается струя азота, накачиваемаго и высасываемаго помошью насоса P . Струя азота увлекаетъ съ собой выдѣляемые при нагрѣваниі изъ руды пары мышьяка, которые сгущаются въ конденсаторахъ c . Когда конденсаторы съ одной стороны печи слишкомъ нагрѣваются и наполняются мышьякомъ, направление струи азота мѣняется. Въ печи имѣется еще отверстіе для спуска сплавленнаго сѣристаго желѣза, въ которомъ остаются также содержащіеся въ рудѣ дорогіе металлы.—Герингъ описываетъ опыты съ небольшой печью Вестмана. Примѣнялся переменный токъ съ частотой 120 періодовъ, силою 4000—8400 амперъ при 12—22 вольтахъ. Для переработки одной тонны руды требовалось 1140 киловаттъ-часовъ, причемъ выходъ мышьяка достигалъ 90%. Можно думать, что при употреблѣніи большихъ печей потребленіе энергіи сократится до 1000 киловаттъ-часовъ на тонну руды. При стоимости электрической энергіи, существующей у Ніагарскаго водопада, добыча мышьяка по способу Вестмана обойдется въ 2 пфен. съ 1 кило, тогда какъ цѣна мышьяка достигаетъ въ настоящее время 50 пф. кило.

(El. W. and. Eng. t. g. № 37).

Электрическій гризуметръ. Нѣсколько времени тому назадъ англійскій инженеръ Лавенгра замѣтилъ, что двѣ платиновыя проволоки, нагрѣтыя до одинаковой степени электрическимъ токомъ, свѣтятъ не одинаково, если одна находится въ чистомъ воздухѣ, другая—въ воздухѣ, содержащемъ рудничный газъ; этимъ путемъ можно открывать присутствіе рудничнаго газа съ точностью до 0,5%. Еще болѣе точные результаты даетъ новый электрическій гризуметръ Леона, основанный на различіи сопротивленія нагрѣтой до 1000° платиновой проволоки въ чистомъ воздухѣ и въ рудничномъ газѣ. Двѣ платиновыя проволоки $\frac{1}{20}$ мм. въ попѣречникеъ покрыты электролитически мѣдью, кроме своей средины—на протяженіи 10 мм. Одна проволока заключена герметически въ стеклянную трубку, другая—

и въ двойную металлическую сѣтку, и обѣ образуютъ двѣ вѣтви Витстонова мостика. Отклоненія гальванометра оказывается пропорціональными содержанію въ воздухѣ рудничнаго (или другого горючаго) газа; въ аппаратѣ Леона, въ которомъ гальванометръ показываетъ милліамперы, отклоненіе иглы на 2 дѣленія отвѣчаетъ приблизительно $\frac{1}{1000}$ рудничнаго газа въ воздухѣ.

(C. R. CXXXII).

Вредъ кислотныхъ паровъ, выдѣляемыхъ аккумуляторами. Неудовольствія и нападки по поводу выдѣленія кислотныхъ паровъ аккумуляторами на электрическихъ трамваяхъ въ Берлинѣ продолжаются и по сіе времена.

Начальникомъ полиціи по этому поводу были сдѣланы своевременно предложенія Трамвайной Компаниіи о томъ, чтобы аккумуляторные сосуды были герметически закрыты стеклянными пластинками.

Кромѣ того, было найдено полезнымъ сдѣлать крышки надъ вентиляторами, помѣщеными въ вагонахъ, чтобы пары при дуновеніи вѣтра не могли проникнуть въ вагонъ.

Опечатки въ № 19.

Въ статьѣ В. К. Лебединскаго „Современные взгляды на катушку Румкорфа“:

Слѣдуетъ читать:

стр. 266 лѣвый столбецъ 24 и 25 строка сверху

„...и служить для этой послѣдней основною причиной...“

стр. 268 лѣвый столбецъ 10 и 11 стр. сверху

„...при увеличеніи сопротивленія r_1 первичной обмотки, ...“

стр. 269 лѣвый столбецъ 16 и 17 стр. сверху

„...дѣйствіемъ этого поля на явленія въ первичной...“

правый столбецъ 15 стр. сверху

„...на фигуру 3...“

19 стр. снизу

$$e^{\pi r_1 \sqrt{C_1/L_1}}$$

стр. 270 лѣвый столбецъ 8 стр. сверху

$$e^{\pi r_2 \sqrt{C_2/L_2}}$$

18 стр. снизу

$$E_m = k \frac{E}{r_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$$