

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

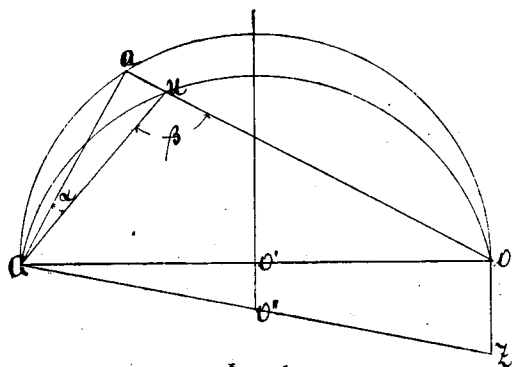
## Графическое изслѣдованіе трехфазнаго асинхроннаго двигателя.

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 возбуждаетъ 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 потерѣ, — 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  $\alpha$  и  $\beta$  постоянны (ибо уголъ



Фиг. 1.

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

$e_2$  соответствуетъ числу обор.  $n_1$   
 $e_{20}$  " " "  $n_1 - n_2 = s$

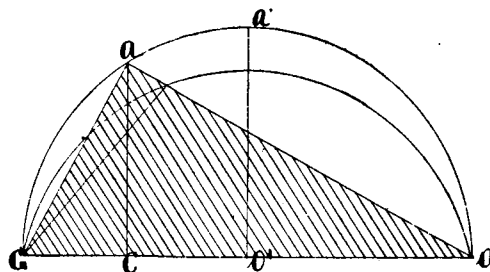
то  $e_{20}/e_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_1} N_{20}/N_2$  или

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

т. е. линия АО въ U дѣлится въ отношеніи отставанія арматуры s къ числу оборотовъ арматуры  $n_2$ . Если U совпадетъ съ O, то  $S = 100\%$  (арматура стоитъ) и число періодовъ  $\sim_2 = \sim_1$ . Если U въ G, то  $S = 0$ ,  $n_2 = n_1$ , т. е. арматура бѣжитъ синхронно 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  $\triangle OAG$ ; такъ



Фиг. 2.

какъ сторона этого треугольника  $OG = \text{Const}$ , то  $T \equiv AC$ , перпендикуляръ изъ A на основаніе;  $T_{\max} \equiv$  радіусу  $A'O'$  (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  $A \equiv UD$  (перпендикуляръ изъ U на основаніе).  $A_{\max} \equiv O'U$ .

$\cos \varphi$  — показатель мощности.

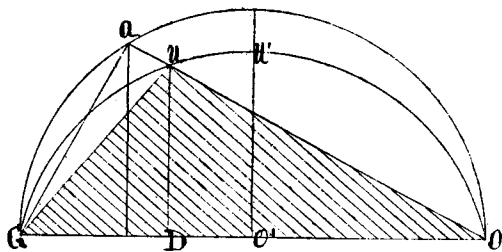
( $\varphi$  — уголъ между  $E_1$  и  $J_1$ ).

$\cos \varphi$  берется прямо изъ диаграммы.  $\cos \varphi_{\max}$  будетъ соответствовать  $\varphi_{\min}$ , т. е. когда прямая  $CB \equiv J_1$  будетъ касательной къ окружности GVP. Для этого случая (фиг. 4)

$$\cos \varphi = \frac{J_{1k} - J_0}{J_{1k} + J_0} = \frac{O'B}{O'U}$$

\*) См. Электричество, т. I, № 20, стр. 281.

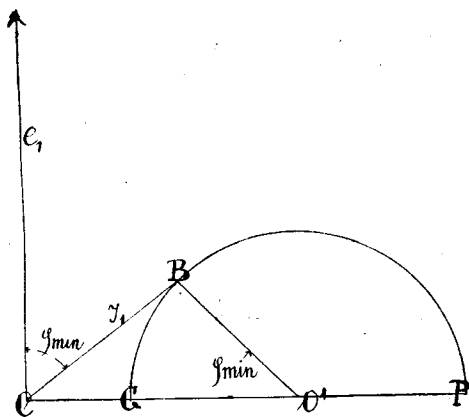
при этомъ не обращено вниманія на омическую потерю въ индукторѣ (сравн. съ фиг. 21. См. № 20,



Фиг. 3.

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

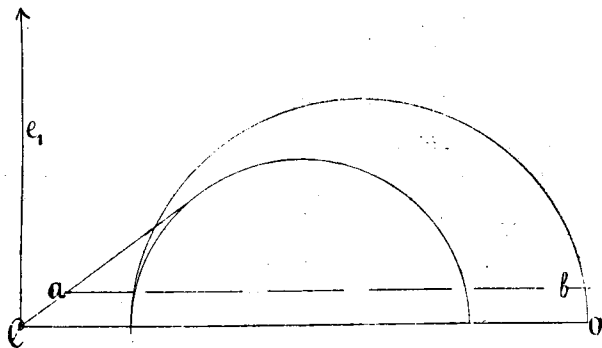
До сихъ поръ мы не считались съ потерями на трѣніе въ подшипникѣ о воздухъ, и потерями



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 имѣетъ приблизительно постоянную скорость, уменьшаютъ вращающій моментъ и по-



Фиг. 5.

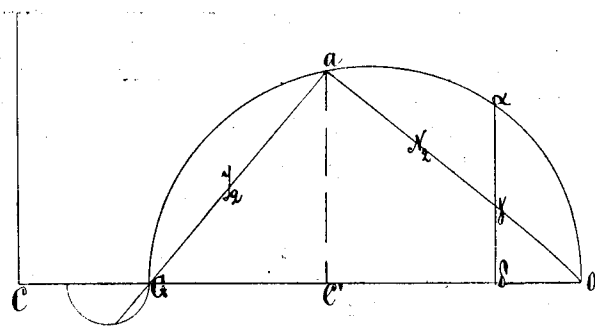
лезное дѣйствіе двигателя на постоянную величину, поэтому ихъ можно принять въ расчетъ, проводя прямую  $ab \parallel OC$  и вычитая ординаты при-

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 насъ величины при  $E_1 = \text{Const}$ , мы должны лишь всѣ отсчитанные на диаграммѣ величины уменьшить въ отношеніи величины напряженія, полученнаго на диаграммѣ къ величинѣ напряженія, которое желательно удерживать постояннымъ.

### Коэффициентъ полезнаго дѣйствія двигателя.

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



Фиг. 6.

и  $\gamma\delta$ ; въ последнемъ  $\delta o = \text{Const}$ ). Тогда отрезокъ  $\alpha\gamma$  дастъ намъ для данного  $J_2$  соответствующій коэффициентъ полезнаго дѣйствія

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

### Практическое примѣненіе диаграммъ.

Для опредѣленія всѣхъ величинъ, характеризующихъ рабочее состояніе двигателя, требуются по выше сказанному слѣдующія данныя, получаемыя измѣреніемъ надъ готовымъ двигателемъ:

1) Магнитная утечка индуктора при разомкнутой арматурѣ.

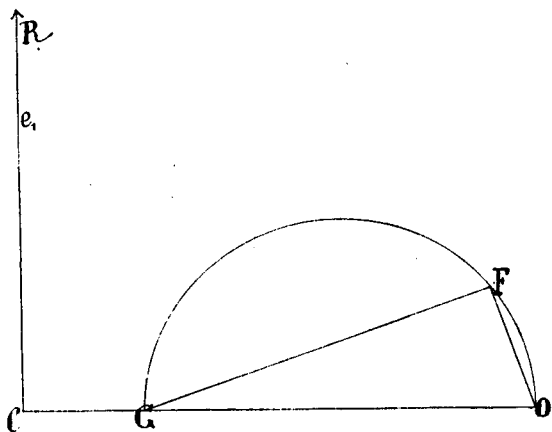
2) Токъ индуктора, съ соответствующимъ фазовымъ угломъ, при холостомъ ходѣ арматуры (еще лучше измѣрить этотъ токъ при синхронномъ бѣгѣ арматуры).

3) Токъ индуктора опять съ фазовымъ угломъ, на зажимахъ при коротко замкнутой и неподвижно заторможенной арматурѣ.

4) Сопротивленія обмотокъ индуктора и арматуры.

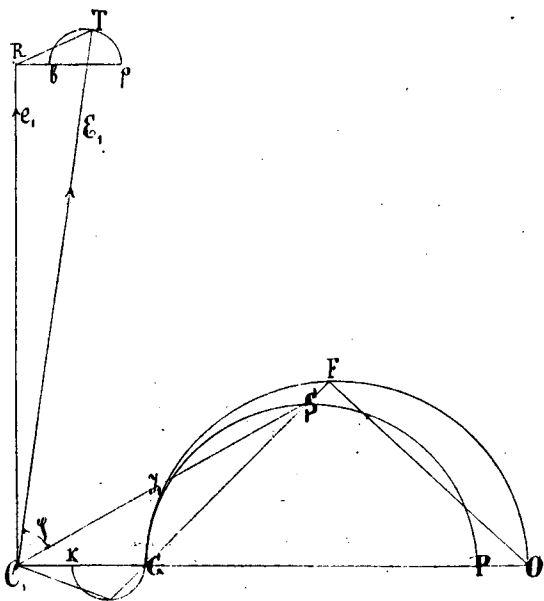
Сначала выбираемъ произвольный масштабъ для  $e_1$  и  $N_1 \equiv OC$  (ф. 7) и ставимъ  $e_1 \equiv CR \perp$  къ  $OC$ . Отъ точки  $C$  откладываемъ измѣренную

магнитную утечку  $\equiv CG$ ; этот же отрезок  $\equiv$  намагничивающему току при порожнем (или лучше синхронном) 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) катушкѣ, положимъ  $N_2 = OF = \sqrt{3} \cdot W_2 \cdot J_{2k}$ . При чемъ  $J_2$  сведено на число витковъ индуктора и къ постоянному напряженію на его зажимахъ. Затѣмъ радиусомъ  $\equiv J_{1k}$  изъ точки С за-сѣкаемъ прямую FG въ точкѣ S, тогда окружность, приходящая чрезъ точки S и G и имѣющая центръ на прямой OC, даетъ зависимость между токами индуктора и катушки (фиг. 8).



Фиг. 8.

Проведемъ изъ точки R прямую  $\parallel OC$  и сдѣлаемъ  $Rp \equiv J_{1k} W_1 \sqrt{3}$ , отложимъ, кромѣ того,  $Rb \equiv J_0 W_1 \sqrt{3}$ , то окружность диаметра pb будетъ геометрическимъ мѣстомъ точекъ T, при

чемъ отрезокъ CT дастъ разность потенциаловъ  $E_1$ , соответствующую данной нагрузкѣ  $J_2$ .

Диаметръ окружности KG получается изъ подобія треугольниковъ —  $KG : CG = GP : OG$ .

Итакъ для каждого данного  $J_2$  диаграмма дастъ соответствующія  $J_1$ ,  $N_2$ , S,  $\varphi$ ; — всѣ характерныя величины работающаго двигателя.

Работая на опытной станціи Сименсъ и Гальске (Berlin), я имѣлъ случай часто примѣнять указанный методъ. Испытывая двигатели отъ  $\frac{1}{2}$  л. с. до 15 л. с., я нашелъ, что для большихъ двигат. диаграмма вѣрна безусловно, что же касается двигателей отъ  $\frac{1}{2}$ —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 катушки  $J_2 \equiv B \cdot l \cdot \frac{(u_1 - u_2)}{\sqrt{2} \cdot W_2}$ , гдѣ B—потокъ въ максвеллахъ,  $u_1$  — линейная скорость равнодѣйствующаго индукторнаго поля,  $u_2$  — скорость катушки, l — длина катушки.

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

$$M(\sin p\alpha) = B \cdot \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sin(p\alpha) d(p\alpha) = B \cdot \frac{1}{\pi} \left( -\cos(p\alpha) \right) \frac{\pi}{0} = B \cdot \frac{2}{\pi}.$$

$$\text{Итакъ } N_p = \frac{B}{2p} \cdot 2 \pi r l \cdot \frac{2}{\pi} = \frac{2 B r l}{p}.$$

$$\text{Тогда } J_2 = \frac{B \cdot r \cdot l (\omega_1 - \omega_2)}{W_2 \sqrt{2}} = \frac{p}{2} \times N_p \times \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{W_2 \sqrt{2}} =$$

$$= \frac{p \cdot N_p (\omega_1 - \omega_2)}{2 \sqrt{2} W_2} = \frac{p \cdot N_p S}{2 \sqrt{2} W_2}; \text{ гдѣ } \omega - \text{угловая скорость, а } S - \text{отставаніе катушки.}$$

Моментъ вращенія  $T = N_p \cdot \frac{p \cdot J_2 \cdot n_2}{2 \sqrt{2}}$ , 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 катушки.

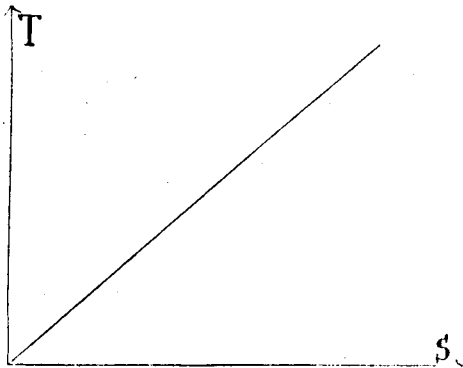
Изъ послѣдней формулы видно, что  $T = S$  (фиг. 9).

Совсѣмъ другое, какъ мы уже знаемъ изъ диаграммъ, будетъ, 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  $\equiv J_2$ , посему съ нагрузкой  $N_p$  уменьшается. Положимъ, что  $N_{1sp} = K J_2$ , то  $N_p = N_{1p} - K J_2$ , но  $J_2 = \frac{N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_1}$ , поэтому  $K J_2 = \frac{K \cdot N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_1}$ , а

$$N_p = N_{1p} - \frac{K \cdot N_p \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_1}, \text{ или отсюда } N_p = \frac{N_{1p}}{1 + \frac{K \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} W_1}}, \text{ если } K^1 = \frac{K p}{2 \sqrt{2} W_2}; \text{ а}$$

$$J_2 = \frac{N_{1p} \cdot S \cdot p}{2 \sqrt{2} \cdot W_2 (1 + SK')} \text{ и } T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot u_2 \cdot S}{8 \cdot W_2 (1 + K'S)} \quad (\text{фиг. 10}).$$

Изъ фиг. 10 видно, что при очень большомъ



Фиг. 9.

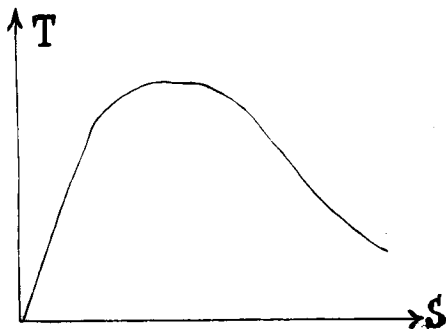
отставаніи S (при большомъ  $J_2$ ), T можетъ стать столь малымъ, что двигатель остановится.

Напишемъ выраженіе для T слѣдующимъ образомъ:

$$T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot u_2 \cdot W_2}{8 \cdot (1 + K'S)^2} \text{ или}$$

$$T = \frac{N_{1p}^2 \cdot p^2 \cdot u_2 \cdot \left(\frac{S}{W_2}\right)}{8 \cdot \left(1 + \frac{kp}{2\sqrt{2}} \times \left(\frac{S}{W_2}\right)\right)^2}.$$

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

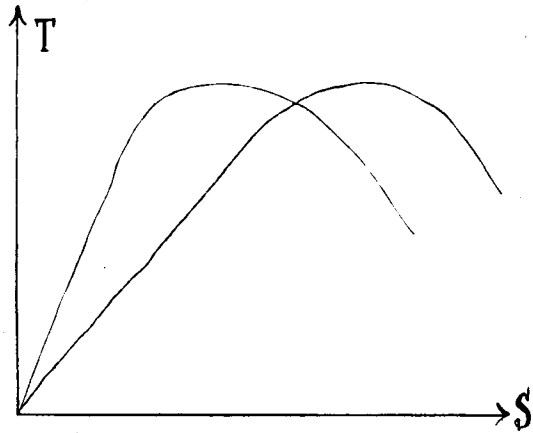


Фиг. 10.

значить, что для достиженія нормальнаго или максимальнаго момента вращенія при пусканіи въ ходъ, когда  $S = \text{maximum}$ , нужно увеличить сопротивление арматуры добавочнымъ реостатомъ (реостатъ для пусканія въ ходъ). Введеніе добавочнаго сопротивленія при пусканіи въ ходъ, увеличивая моментъ вращенія, 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

постояннаго, нормальнаго T, можно получать различныя S т.-е. и скорости арматуры, введя



Фиг. 11.

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

Въ заключеніе не лишнее будетъ упомянуть о нѣкоторыхъ 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 особаго переключателя, задній и передній ходъ.

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

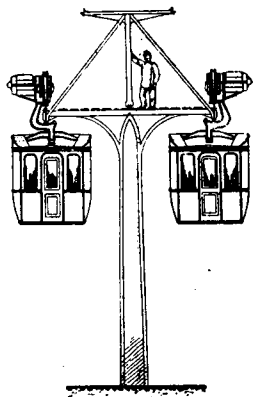
## Подвѣсная электрическая желѣзная дорога Барменъ, Эльберфельдъ и Фоовинкель.

Въ высшей степени промышленная область узкой долины р. Вуппера, заключающая на разстояніи какихъ нибудь 10 км. два такихъ промышленныхъ и населенныхъ города (300000 жит.), какъ Барменъ и Эльберфельдъ, съ ихъ взаимно-огромнымъ торговымъ промышленнымъ движеніемъ, представлялась особенно удобной для проведенія подвѣсной желѣзной дороги. Мѣстныя электрическія дороги и двѣ линіи государств. желѣзн. 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 требованію движенію, конечно, не могли дать мѣста 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. Дантенъ (изъ Кельна). Именно идея его состояла въ томъ, что самый вагонъ, подвѣшенный

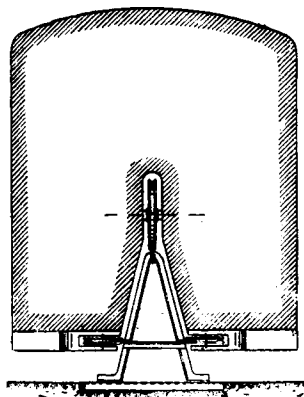
къ рамѣ, подвергался свободному дѣйствию центробѣжной силы, а колесная рама, поставленная на 2 оси (съ 4 колесами) ходила по двумъ рельсамъ, какъ обыкновенно. Результаты опытовъ на этой пробной дорогѣ были столь благоприятны, что въ томъ-же году фирма Шуккертъ подала городамъ Барменъ и Эльберфельдъ проектъ 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 сооружения, а въ слѣдующемъ году было дано разрѣшеніе на постройку дороги фирмѣ „Continentalte Gesellschaft für elektrische Unternehmungen“—приемникѣ „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

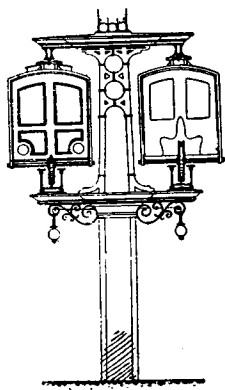


Фиг. 12.

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 селѣ извѣстными, изъ которыхъ нѣкоторыя изображены на фиг. 13—18, говорятъ сами за себя. Ясно, что ѣзда въ



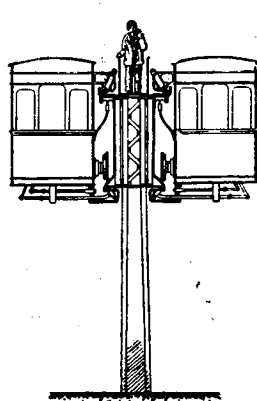
Фиг. 13. (Лартигъ).



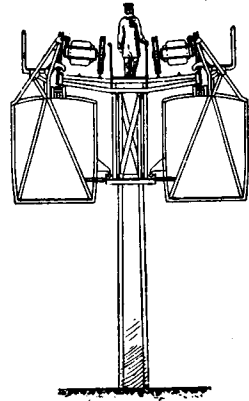
Фиг. 14. (Бейеръ).

вагонѣ, который приходитъ самъ по себѣ въ положеніе равновѣсія, будетъ безъ толчковъ и несравненно спокойнѣе, чѣмъ на тѣхъ дорогахъ, коихъ полотно, соответственно максимальной скорости, должно обладать на кривыхъ опредѣленной формой. Послѣднее обстоятельство имѣетъ своимъ слѣдствіемъ, что, при всякихъ другихъ скоростяхъ, центробѣжныя силы самымъ несприятнымъ 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 качаній и ударовъ; вѣтеръ также не оказываетъ вреднаго вліянія на нихъ. Особенное преимущество новой



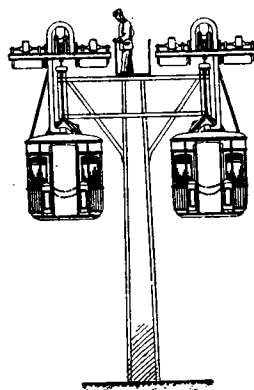
Фиг. 15. (Кукъ).



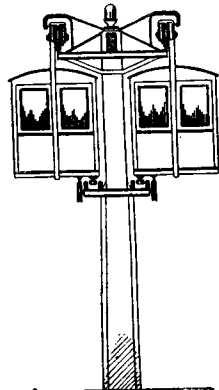
Фиг. 16. (Дитрихъ).

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

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



Фиг. 17. (Энось).

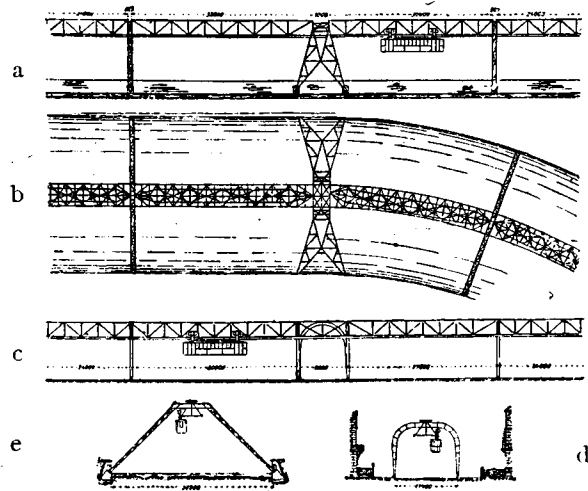


Фиг. 18. (Шерлей-Галь).

Фоовинкель, гдѣ находятся и зданія управленія, депо и мастерскія. Полная длина дороги равняется 13,3 клм., она имѣетъ 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 клм. въ часъ на всю линію, тѣмъ не менѣе на стрѣлкахъ и кривыхъ для поворота поѣзда, служащихъ лишь для маневрированія, скорость бываетъ не больше 12 клм. 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 понятие о кон-



Фиг. 19.

струкціи фермъ какъ для линіи, идущей по рѣкѣ (a, b, c), такъ и для уличной линіи (c, d). Изъ сравненія этихъ конструкцій съ другими извѣстными подобными сооружениями, 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.

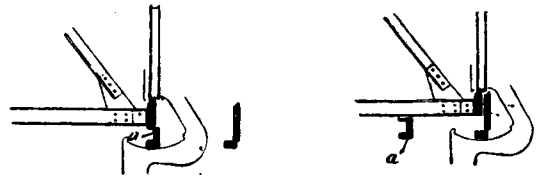
между поясомъ фермы и рельсомъ введена прокладка F изъ пресованнаго войлока, имѣющаго цѣлью—уменьшить происходящій при ѣздѣ шумъ.

Въ виду особенныхъ 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 чемъ внѣшнее ребро ведущихъ колесъ особымъ выступомъ остряковаго рельса отклоняется до тѣхъ поръ въ сторону, пока внутреннее ребро поддерживающихъ колесъ не поднимется выше уровня главнаго рельса; въ то-же время колесо захватываетъ головку остряковаго рельса своими обоими ребрами. При прижатіи языка къ главному рельсу, часть a тавроваго пояса, составного въ этихъ мѣстахъ, идетъ во внутрь, а на ея мѣсто встаетъ острякъ (своею нижней частью) форма котораго подобрана такъ, что крюкъ вагонной рамы сво-

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

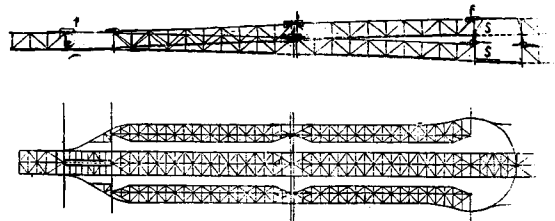
Входныя лѣстницы примыкаютъ къ дорогѣ снаружи. Станціи спереди и сзади открыты и т. п.

Энергію для приведенія дороги въ движеніе составляютъ машины постоянного тока 600 вольтъ и



Фиг. 21.

1420 амперъ, съ внѣшнимъ магнитнымъ вѣнцомъ, работы фирмы Шуккертъ. Динамо эти непосредственно соединены съ машинами (паров.) четверного расширенія—фирмы Зульцеръ. Въ помощь этимъ машинамъ, для выравниванія колебаній нагрузки, устроены сильныя уравнивательныя батареи. На всякій слу-



Фиг. 22.

чай, а также и для ночного освѣщенія депо и мастерскихъ спроектирована еще одна вспомогательная батарея (въ Фовинкелѣ), съ напряженіемъ въ 120 вольтъ. Для заряженія служить вращающійся трансформаторъ постоянного тока, получающій токъ съ линіи. Въ случаѣ нужды можно поступать и обратно, питать трансформаторъ отъ батареи и посылать токъ напряженіемъ въ 600 вольтъ въ линію.

Отъ центральной станціи, гдѣ находится определенное число распредѣлительныхъ досокъ, токъ, при помощи бронированныхъ кабелей, направляютъ въ питательные пункты; отсюда питаніе производится отдѣльно на каждую половину дороги. Максимальные выключатели, находящіеся на линіи, установлены такъ, что размыкаютъ цѣпь уже при небольшихъ перегрузкахъ, тогда какъ станціонные—размыкаютъ лишь при короткихъ замыканіяхъ. Автоматическіе звонки на питательныхъ пунктахъ даютъ знать прислугѣ о случившихся поврежденіяхъ сѣти или другихъ неисправностяхъ.

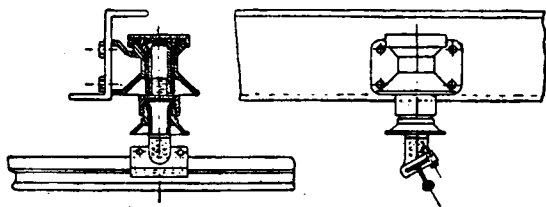
Для рабочаго провода взятъ рельсъ полевой желѣзной дороги [45 мм. высоты, 500 кв. мм. сѣченія] длиною въ 10 м., чтобы имѣть возможно менѣе стыковъ. Способъ соединенія стыковъ виденъ изъ фиг. 23. Для увеличенія электрической проводимости это-



Фиг. 23.

го рельса съ нимъ спаены два мѣдныхъ провода по 75 кв. мм., такъ что общее сѣченіе рабочаго провода получается въ 235 кв. мм. Для Бармена, съ цѣлью уменьшенія расходовъ на установкѣ, вмѣсто усиливанія сѣченія при помощи мѣдныхъ проводовъ, взяли просто рельсъ соответственнаго сѣченія. Рабочіе провода укрѣплены на двойныхъ изоляторахъ закрѣплен-

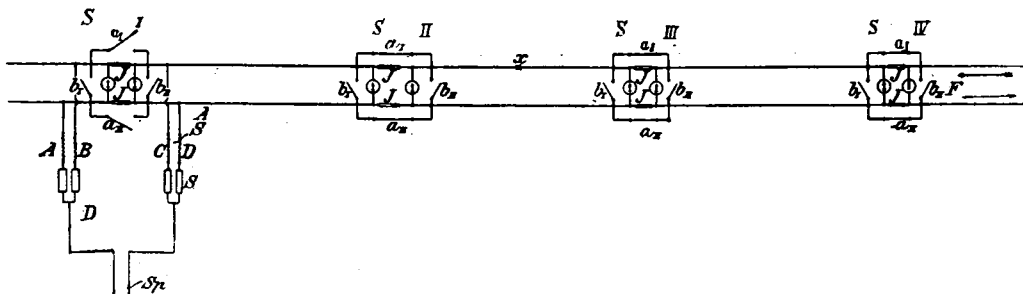
ныхъ на особыхъ поперечинахъ фермы (фиг. 24). Рабочій проводъ (рельсъ) укрѣпленъ на косо — въ силу особой конструирующагося контакта вагона



Фиг. 24.

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

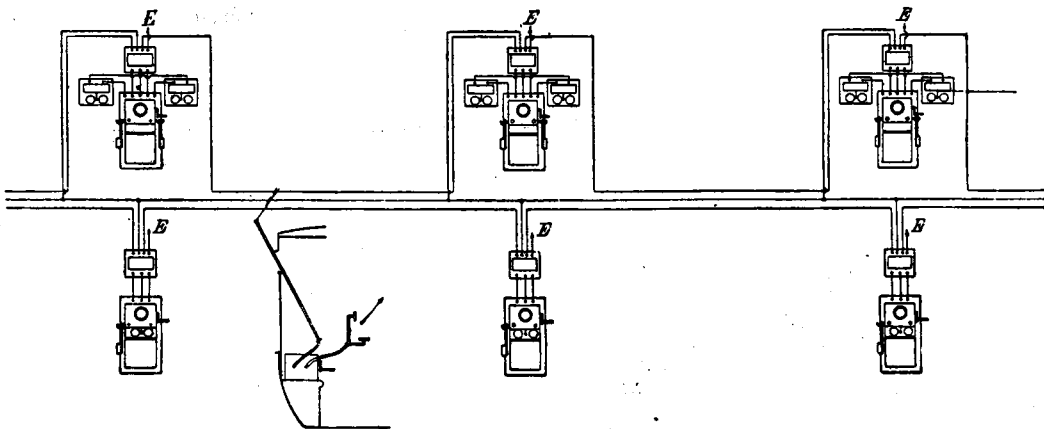
На каждой станціи устроена распределительная доска. Для распознаванія ошибокъ въ изоляціи имѣются указатели соединенія съ землею. Отыскать мѣстную ошибку въ изоляціи можно слѣдующимъ образомъ: если между станціями II и III (фиг. 25) имѣется въ точкѣ  $x$  сообщеніе съ землею, то и послѣ размыканія автомат.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



Фиг. 25.

(напр.  $C$ ) токъ будетъ идти изъ одной половины поврежденнаго провода къ другой — чрезъ указатель соединенія съ землею; стрѣлка его поэтому выйдетъ изъ средняго положенія, замыкая въ крайнемъ положеніи вспомогательную цѣпь, въ которую включенъ сигналь-

форма (фиг. 27), опредѣленная долгими опытами, долженствующая 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., E—земля).

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

ніемъ 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  $b$  на станціи III. Обратнымъ проводомъ служить вся желѣзная конструкція сооруженія; дорожные рельсы, къ которымъ подводится токъ изъ станціи, соединены съ фермами посредствомъ мѣдныхъ скобъ, имѣющихъ по  $2 \times 15$  кв. мм. въ сѣченіи. Громоотводовъ на дорогахъ не имѣется, такъ какъ всѣ провода лежатъ подъ желѣзными конструкціями, имѣющими сообщеніе съ землею. Для взаимнаго сообщенія отдѣльныхъ станцій, депо, мастерскихъ, управленія и находящихся на линіи вагоновъ устроена телефонная установка, схема которой представлена на фиг. 26.

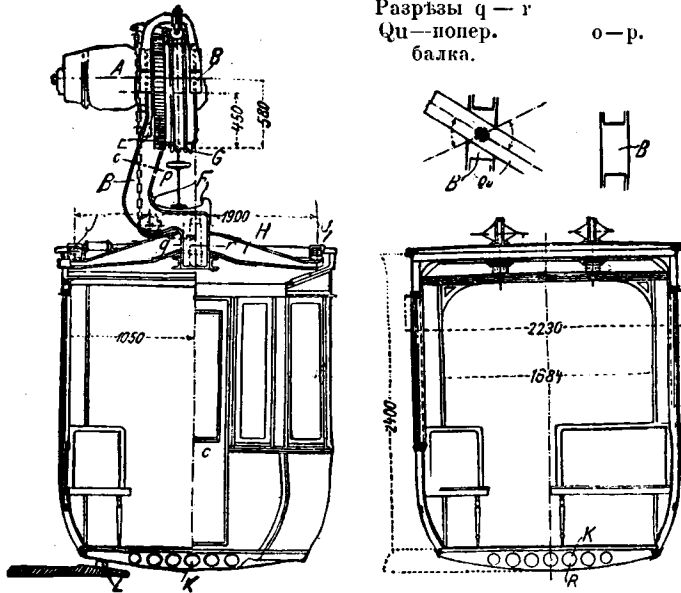
Въ виду большихъ скоростей при ѣздѣ было, конечно, невозможно обойтись безъ сигнализаций. Для этой цѣли устроены автоматическіе свѣтовые сигналы. Чтобы не отвлекать безъ нужды вниманія кондуктора во время ѣзды, существуютъ лишь выѣздные сигналы; эти послѣдніе состоятъ изъ длинныхъ воронкообразныхъ ящиковъ, дно которыхъ освѣщено краснымъ или зеленымъ цвѣтомъ (смотря по состоянію линіи) и которые находятся на опредѣленномъ разстояніи отъ станціи. Ящикамъ придана особая





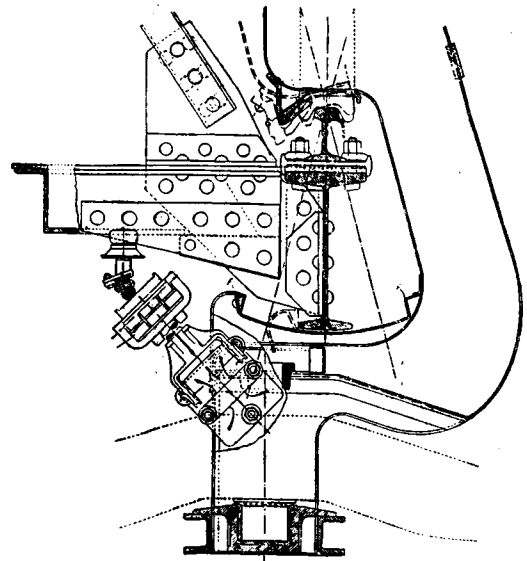
1. Всѣ соединенія подѣ токѣ производятся лишь въ вагонѣ-двигателѣ.
2. Безѣ посторонней помощи, не заимствуя эл. энергій изъ внѣшнихъ источниковъ всѣ двигатели поѣзда могутъ быть выключены и употреблены въ качествѣ электрическихъ тормазовъ.

Разрѣзы q — r  
Qu — попер.  
балка.



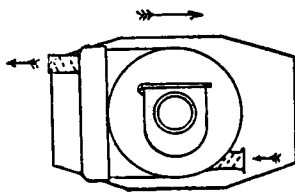
Фиг. 29.

Двери во время ѣзды держатся запертыми при помощи особеннаго электрическаго прибора (см. фиг. 33), приводимаго въ дѣйствіе маленькой батареей въ 8 вольтъ и управляемаго изъ вагона-двигателя; во время ѣзды зашелка, притягиваемая пружиной, входитъ въ особос гнѣздо двери и держитъ ее припертой.



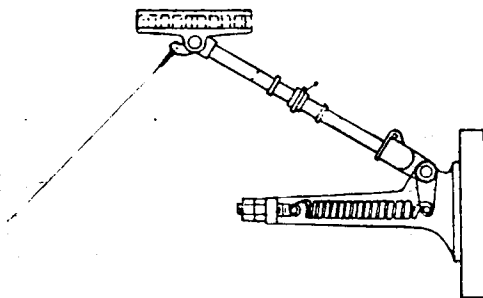
Фиг. 30.

3. Число кабелей, идущихъ отъ одного вагона къ другому, доходитъ до минимума.
4. Всѣ двигатели поѣзда работаютъ равномѣрно какъ при ѣздѣ, такъ и при тормаженіи.
5. Всѣ двигатели поѣзда принимаютъ участіе въ ѣздѣ впередъ, назадъ и тормаженіи.



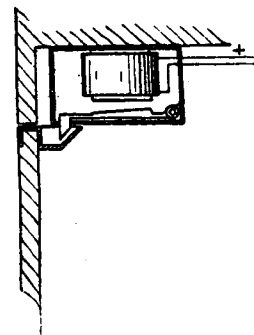
Фиг. 31.

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



Фиг. 32.

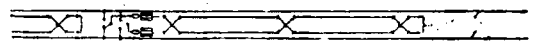
Освѣщеніе станцій происходитъ при помощи дуговыхъ лампъ, съ закрытой вольтовой дугой, на боль-



Фиг. 33.

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

Какъ уже было сказано выше, электрическая часть



Фиг. 34.

сооруженія подвѣсной дороги Барменъ-Эльберфельд-Фоовинкель была построена фирмой Шуккертъ, желѣзныя конструкціи—Аугсбургскаго машиностроительнаго завода.

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

установлены на крышѣ вагона въ бергмановскихъ (ренированныхъ трубкахъ. Надъ распределительной до кой вагона находится распределительный ящикъ, откуда отвѣтвляются провода для лампочекъ и т. п.

# Искусственное нагружение машинъ переменнаго тока.

Статья Рудольфа Гольдшмита.

Весьма важный опытъ для оцѣнки работоспособности электрической машины состоитъ въ опредѣленіи условий и характера ея нагрѣванія при полной нагрузкѣ или же при перегрузкѣ. Если машина не обладаетъ слишкомъ большими размѣрами, то нагрѣзнуть ее до нормы возможно во всякой фабричной испытательной лабораторіи. При этомъ, конечно, будутъ стараться потерять по возможности меньше энергіи, что достигается, включая испытуемую машину въ цѣпь. Кромѣ того, при генераторахъ переменнаго тока и трансформаторахъ нагрузка безвѣтными токами составляетъ очень удобное средство. Эти методы, при всемъ ихъ разнообразіи, вѣроятно общеизвѣстны. Основнымъ условіемъ для ихъ выполнения служитъ существованіе 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.

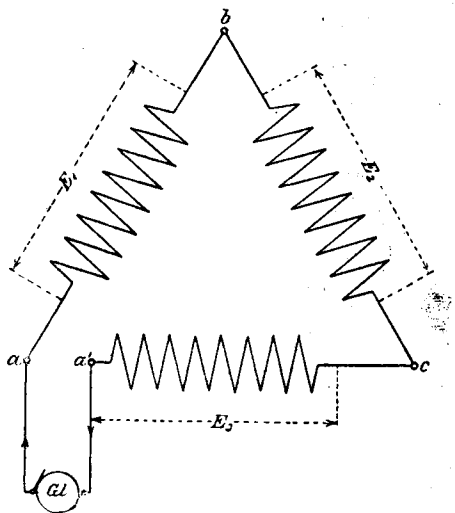
Для того, чтобы испытуемая машина не производила никакой работы, индуктированная электродвижущая сила не должна участвовать въ образованіи тока. Отсюда слѣдуетъ методъ:

При холостомъ ходѣ и полномъ нормальномъ напряженіи, нагрѣваютъ мѣдъ испытуемой машины, постороннимъ токомъ, болѣею частью постояннымъ, при чемъ желѣзо, такимъ образомъ, находится въ нормальныхъ условіяхъ.

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

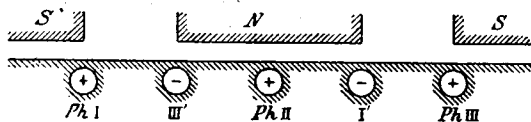
Безъ особыхъ затрудненій способъ этотъ примѣнимъ при коротко-замкнутыхъ якорныхъ обмоткахъ, какъ, напр., трехфазныхъ обмоткахъ, соединенныхъ треугольникомъ. Обмотка развѣдывается въ точкахъ  $a, a'$  (фиг. 35) и между ними включается источникъ постоянного тока. Три фазныхъ напряжения  $E_1, E_2, E_3$  взаимно уничтожаются. Третьи гармоничныя слагающія этихъ напряженій, однако, складываются по отношенію къ  $a, a'$ , такъ что при разомкнутой обмоткѣ между  $a, a'$  существуетъ порядочное напряжение \*). Тѣмъ не менѣе при замкнутой обмоткѣ, токи, возникшіе въ слѣдствіе этого напряжения, практически равны 0, такъ какъ послѣдовательно соединенныя кажущіяся сопротивления трехъ фазъ, при тройномъ числѣ періодовъ внутреннихъ токовъ, составляютъ очень большое сопротивление. Машина постоянного 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 постоянного тока съ ея статорной.



Фиг. 35.

Постоянный токъ въ якорѣ трехфазной машины не производитъ 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, имѣетъ вдвое болѣе полюсовъ (фиг. 36). Можно было-бы опасаться, что эти поля образуютъ въ полюсныхъ нако-



Фиг. 36.

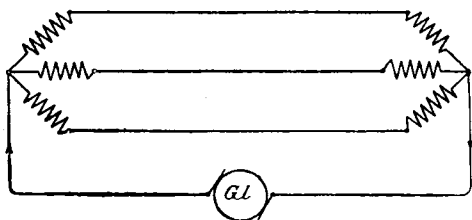
нечникахъ токи Фуко. Какъ показываетъ опытъ этого, однако, на самомъ дѣлѣ не наблюдается. Магнитная утечка мѣстныхъ потоковъ и частота токовъ Фуко слишкомъ значительны, между тѣмъ, какъ амперъ-витки новѣйшихъ машинъ относительно невелики для того, чтобы они были-бы въ состояніи индуктировать ощутительные токи въ магнитныхъ накопечникахъ. Отсутствие реакціи якора имѣетъ слѣдствіемъ то, что работаютъ, со слишкомъ незначительнымъ токомъ возбужденія и что деформаціи поля, производимыя, главнымъ образомъ, поперечнымъ намагниченіемъ ваттнаго тока, не происходятъ. 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, въ слѣдствіе деформаціи поля, помощью теоретическихъ соображеній или-же на основаніи опытовъ съ подобными, но болѣе маленькими машинами, можно принять эти потери во вниманіе, увеличивая соответственно напряженіе. Амперъ-витки индуктора увеличиваютъ, въ сравненіи съ амперъ-витками якора, на опредѣленное число процентовъ, что зависитъ, почти исключительно, отъ разстоянія между полю-

\*) 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, пропорціоннаго 3-му процентному третьему гармоничному члену.

Машина постоянного тока въ настоящемъ опытѣ должна покрыть расходы энергіи только на нагреваніе мѣди и поэтому расходовать количество энергіи, равное лишь отъ 1—2% энергіи трехфазнаго 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 нагреванія токомъ короткаго замыканія генератора постоянного тока съ болѣе высокимъ напряженіемъ, при чемъ генераторъ можно обыкновенно нагрузить токомъ въ 1,5—2 разъ болѣе нормальнаго. Очень часто возбуждатель достаточенъ для производства тока для нагреванія якоря.

Съ повышеніемъ нагреванія увеличивается и сопротивление якоря въ трехфазномъ генераторѣ, такъ что для поддержанія нормальнаго тока необходимо постепенное возрастаніе напряженія постоянного тока. Это напряженіе служитъ, слѣдовательно, мѣрою повышенія температуры въ обмоткѣ якоря.

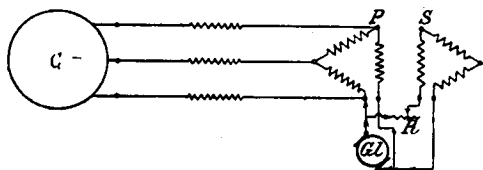
Если якорь трехфазнаго генератора соединенъ въ видѣ звѣзды, то на время опыта слѣдуетъ измѣнить это соединеніе на треугольное, такъ-какъ только при замкнутой обмоткѣ методъ этотъ примѣнимъ безъ побочныхъ средствъ. Можно, однако, соединеніе звѣздой оставить, если существуетъ трансформаторъ того-же напряженія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



Фиг. 37.

временно 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.

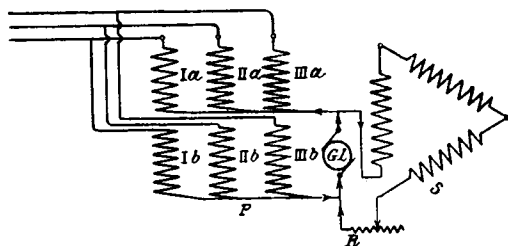
Если желаютъ примѣнять эту схему соединенія для испытаній трансформаторовъ, то необходимо имѣть генераторъ той-же мощности. Для того, чтобы можно было-бы ограничиться меньшимъ трехфазнымъ генераторомъ, необходимо соединить трансформаторъ треугольникомъ и въ первичной обмоткѣ. При этомъ, однако, генераторъ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



Фиг. 38.

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

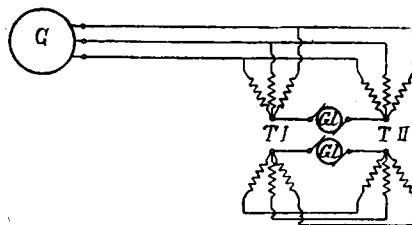
Если обмотка трансформатора разложена на отдѣльныя катушки, то, во избѣжаніе необходимости пользованія добавочными сопротивленіями, первичныя катушки соединяютъ въ двѣ параллельныя группы съ двумя особыми нейтральными точками и между этими послѣдними включаютъ источникъ постоянного тока (фиг. 39). Трансформаторъ,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



Фиг. 39.

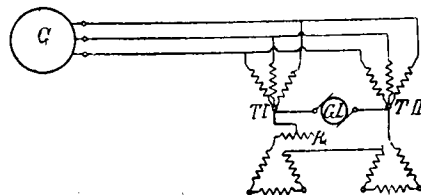
случаѣ, долженъ быть питаемъ вдвое меньшимъ напряженіемъ.

Для нагрузки двухъ или нѣсколькихъ равныхъ трансформаторовъ не требуется ни измѣненія ихъ схемы включенія, ни добавочныхъ сопротивленій. Соединяютъ всѣ обмотки въ формѣ звѣзды, а первичныя и вторичныя 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 вышеописаннымъ способомъ въ отношеніи нагреванія совершенно тождественна съ рабочей нагрузкой, такъ-какъ постоянный токъ въ данномъ случаѣ не намагничиваетъ жельза.

Нельзя, однако, того-же утверждать о трехфазныхъ двигателяхъ: у нихъ было-бы достаточно (соединеніе подобно фиг. 39) подвести постоянный токъ статору или ротору. Если пропускать, наприм., постоянный токъ черезъ роторъ, соединяя его нейтральную точку съ жельзомъ и включая машину постоянного тока между статоромъ трехфазнаго двигателя и контактными кольцами, то образуется въ роторѣ неподвижное поле, имѣющее полюсовъ вътрое болѣе, чѣмъ 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 токъ 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.

Якорныя 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 направленіяхъ, такъ что напряжение у зажимовъ станетъ равнымъ нулю и можно къ нимъ безопасно присоединить машину постоянного тока.

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

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

Методъ этотъ, во многихъ случаяхъ, оказался, въ испытательной лабораторіи Электрич. Акціон. Общ. Кольбенъ и К<sup>о</sup>, удобно примѣнимымъ.

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

## Электрическое оборудованіе Парижской Выставки 1900 г.

Р. Пику сообщаетъ парижскому международному обществу электриковъ объ электрическомъ оборудованіи Парижской Выставки и результатахъ эксплуатаціи 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; финансовыя условія были также далеко не блестящи; для того, чтобы удовлетворить всѣхъ, пришлось воспользоваться всѣми экспонатами; всѣ устройства дѣлать во время горячки, присущей устройствамъ всѣхъ выставокъ; всѣ неудачи и несчастные случаи валили на электричество, хотя во многихъ случаяхъ оно было совершенно не причѣмъ; всѣ канализаціи, даже подземныя, подвергались самымъ различнымъ случаямъ отъ излишней поливки земли и т. п.; трансформаторныя будки часто повреждались, несмотря на объявленія на нихъ, предупреждающія объ опасности; наконецъ, различные элементы генераторной стціи состояли изъ машинъ самыхъ различныхъ типовъ, приводимыхъ въ движеніе 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 лощ. силы, раздѣленныхъ на 30 генераторовъ, изъ которыхъ мощность наименьшаго, равнялась 350 лощ. силамъ. Всѣ машины постоянного тока имѣли напряжение или 500, или 250 вольтъ; для распределенія была принята трехпроводная система, по 225 вольтъ на проводъ; распределительная доска, сооруженная фирмой Клемансонъ, была рассчитана по этимъ даннымъ; на ней помѣщались лишь измѣрительные приборы и приборы для включенія; регулированіе генераторовъ производилось самими экспонентами, по телефоннымъ приказаніямъ дежурнаго у доски; несмотря на сложную службу этого дежурнаго, всѣ были довольны подобнымъ порядкомъ, такъ какъ даже включеніе и

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

Эксплуатація альтернаторовъ была гораздо сложнее, вслѣдствіе большого различія генераторовъ; дѣйствительно, имѣлись машины многофазныя на 2900 вольтъ; двухфазныя—на 2200 в., при 42 и 50 періодахъ; трехфазныя—на 3000 вольтъ; трехфазныя на 5000 вольтъ, при 25 и 50 періодахъ. Очевидно, что нельзя было и думать о параллельной работѣ какихъ либо альтернаторовъ, хотя и одинаковыхъ напряженія и числа періодовъ, но различныхъ фирмъ; вслѣдствіе этого, происходило громадное усложненіе всей распределительной доски. Для работы, машины были раздѣлены на группы по 2—3 машины, которыя и работали послѣдовательно. Выборъ системы проводки и типа кабелей также представлялъ извѣстныя затрудненія. Постоянный токъ былъ проведенъ лишь на Марсово поле, 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 расположеніе дало удовлетворительные результаты, но не можетъ быть рекомендовано при другихъ обстоятельствахъ; даже и въ данномъ случаѣ это была большая смѣлость. Кромѣ этихъ подземныхъ проводовъ, обслуживавшихъ галлереи 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 мѣдъ. Линіи были защищены главными предохранителями; но вскорѣ убѣдились въ ихъ безполезности и даже вредѣ: дѣйствительно, вначалѣ, даже неудачный пускъ двигателя въ ходъ причинялъ неспрѣйство; 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 достаточно нести на себѣ всю службу; въ обыкновенное время оба кабеля работали параллельно. Они были раздѣлены на части: послѣдовательныя части были соединены коммутаторами, позволявшими выключать моментально изъ цѣпи ту или другую часть, пользуясь въ то же время остальной частью цѣпи.

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

Полная длина кабелей постоянного тока равнялась 20200 м.; полное сѣченіе кабелей у выхода равнялась 2750 мм. Эти кабели были уложены въ траншеи, длиною до 28 км. Эти цифры показываютъ величину работъ, которыя, начатыя 15 января (н. с.) 1900 года, были окончены лишь ко дню открытія Выставки, 15 апрѣля; но для того, чтобы достигнуть этихъ результатовъ среди безпорядка, который царилъ на Выставкѣ и среди нелюбезнаго отношенія экспонентовъ,—надо было проявить много энергіи. Пику рассказываетъ, что въ воскресенье, предшествовавшее открытію Выставки, ему лично пришлось просить Администрацію Выставки о прекращеніи движенія вагоновъ по всей Выставкѣ: въ этотъ день было уложено 5 км. кабелей.

Проводки переменнаго тока примыкали 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 обезпечено особымъ трехфазнымъ генераторомъ въ 5000 вольтъ при 25 періодахъ, токъ ко-

того трансформировался преобразователем 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 соотвѣствующій преобразователь. Освѣщеніе было сдано частью съ подряда, частью по простымъ соглашениямъ. Оно приводилось главнымъ образомъ дуговыми лампами; лампы накаливанія употреблялись лишь для украшеній и внутри помѣщеній.

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

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

При расчетѣ числа лампъ пользовались слѣдующими данными:

Нижняя полусферическая  
сила свѣта

Мощность лампъ ду- говыхъ	при откр. дугѣ	полезная (потеря 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 данныя получили нижеслѣдующую среднюю освѣщенность земли для различныхъ помѣщеній:

Зала празднествъ . . . . .	13,0 свѣч. на м <sup>2</sup> .
Отдѣл питат. продукт. . . . .	2,9 " " "
" нижнія стороны . . . . .	9,3 " " "
" машинъ . . . . .	13,5 " " "
Галлерей 1-го этажа дворца электри- чества . . . . .	24,0 " " "
Дворецъ садоводства . . . . .	7,0 " " "
Сады Елисейскихъ полей . . . . .	7,1 " " "

Дворецъ Садоводства освѣщался лампами съ закрытой вольтовой дугой; при этомъ получалось очень пріятное впечатлѣніе луннаго 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 м<sup>2</sup> приходилась дуговая лампа въ 10 амперъ.

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

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 рѣшено чтобы машины находились у мѣстъ выставки производимыхъ ими продуктовъ и чтобы число передаточныхъ валовъ было бы возможностью ограниченное и поэтому двигатели были раскиданы по всей Выставкѣ.

Вслѣдствіе употребленія двигателей перемѣнаго

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

Общая мощность всѣхъ присоединенныхъ приборовъ приемниковъ 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 3306 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 Пикю, Маскаръ 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 листвѣ, чѣмъ и объясняется хорошее освѣщеніе Залы празднествъ.

(L' ecl. el. № 11).

О Б З О Р Ъ.

**Реакція самоиндукціи концентрическихъ кабелей.** Отсутствіе вѣшняго поля у концентрическихъ кабелей можетъ привести къ заключенію, что они совершенно не имѣютъ реакціи самоиндукціи. 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 коэффициентъ самоиндукціи равенъ удвоенной энергіи магнитнаго поля, возбужденнаго единицей тока. Энергію на единицу объема можно принять равной  $\frac{H^2}{8\pi}$  (если принять коэф-

фициентъ магнитной проницаемости  $\mu$  за величину постоянной), откуда, если  $\mu$  будетъ извѣстно для всѣхъ точекъ поля, интегрированіемъ найдется полная величина энергіи. Въ концентрическомъ кабелѣ проницаемость равна единицѣ, за исключеніемъ брони, если она есть, а такъ какъ  $H$  съ наружной стороны наружнаго проводника равно нулю, то броня не имѣетъ вліянія на коэффициентъ самоиндукціи. Въ простомъ концентрическомъ кабелѣ, въ которомъ наружный проводникъ употребляется для возвращенія тока, наружнаго поля не существуетъ, такъ какъ величина получающагося въ результатѣ тока равна нулю. Между обоими проводниками, а также и во внутреннемъ проводникѣ, поле зависитъ только отъ послѣдняго, такъ какъ вѣшний внутренняго поля не даетъ. Въ какой-нибудь точкѣ между проводниками поле на единицу силы тока равно  $\frac{2}{z}$ , гдѣ  $z$  есть разстояніе точки отъ центра, а во внутреннемъ проводникѣ оно равно  $\frac{2r}{a^2}$ , гдѣ  $a$ —радіусъ его. Назвавъ радіусъ наружнаго проводника чрезъ  $b$  и интегрируя, мы находимъ для коэффициента самоиндукціи, рассчитаннаго на 1 сант. длины кабеля, слѣдующее выраженіе

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

въ единицахъ *C. G. S.*—системы. Первый членъ этой суммы, относящийся къ полю промежуточнаго диэлектрика, зависитъ только отъ отношенія обоихъ радиусовъ, а второй, относящийся къ полю во внутреннемъ проводникѣ, отъ радиуса послѣдняго не зависитъ. Если взять въ качествѣ внутреннего провода тонкую трубку (какъ, напримѣръ, въ кабеляхъ Дэпфорта), то этотъ членъ превращается въ ноль. Точно также всякое сосредоточеніе тока во внутреннемъ проводникѣ по направленію къ периферіи уменьшаетъ этотъ членъ. Наименьшее значеніе  $L = \frac{1}{2}$  получается для сплошнаго внутреннего провода въ томъ случаѣ, когда толщиной диэлектрика можно пренебречь. Въ кабеляхъ для большихъ напряженій отношеніе  $\frac{b}{a}$  можетъ достигать 3 или около этого, причемъ величина  $L$  будетъ равна приблизительно 3. Интересно отмѣтить тотъ фактъ, что такъ какъ реакція самоиндукціи существуетъ только во внутреннемъ проводникѣ, то, если оба проводника равнаго сѣченія, паденіе потенциала во внутреннемъ проводникѣ будетъ немного больше, чѣмъ въ наружномъ. Въ кабеляхъ большаго сѣченія реакція самоиндукціи будетъ замѣтнѣе, такъ какъ токъ будетъ сильнѣе, тогда какъ паденіе потенциала, 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 размеры сѣченія кабеля таковы, что  $L = 1$ , мы находимъ паденіе потенциала (V) на разстояніи (l) одного километра, при частотѣ  $n = 50$

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

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

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

$$L = 4 \log_e \frac{d}{a} + 1 \text{ на см., въ } C.G.S.$$

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  $L = 3.77$ . Обычная для практики величина будетъ около  $L = 5$ , тогда какъ при концентрическихъ кабеляхъ эта величина обыкновенно равна  $L = 1$  или 2. Кромѣ того, концентрическіе кабели имѣютъ то преимущество, что на величину ихъ самоиндукціи не вліяетъ одѣванье броней.

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

какъ и раньше, именно  $2 \log \frac{b}{a} + \frac{1}{2}$ , для самаго внутреннего провода, и кромѣ того, еще одинъ дополнительный членъ  $2 \log \frac{c}{b}$  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.

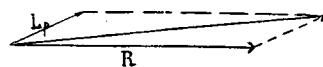
Для того, чтобы выяснитъ значеніе потери напряженія, вызываемаго неравенствомъ двухъ внутреннихъ токовъ, примемъ, что эта разность равна 100 амперамъ и примемъ отношеніе  $\frac{c}{b} = \frac{5}{4}$  или  $2 \log \frac{c}{b} = \frac{1}{2}$  приблизительно. Потеря потенциала, въ вольтахъ на километръ,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

Такимъ образомъ дѣйствіе самоиндукціи въ этомъ случаѣ почти неощутимо.

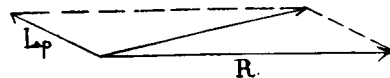
При тройномъ концентрическомъ кабелѣ, проводящемъ трехфазный токъ, внѣшняго поля нѣтъ, такъ какъ сумма токовъ, взятыхъ въ любомъ направленіи, въ каждое мгновеніе равна нулю. Внутри средняго проводника мы имѣемъ поле, зависящее отъ внутреннего тока, и поэтому коэффициентъ самоиндукціи внутреннего провода выразится, какъ и прежде, формулой  $2 \log \frac{b}{a} + \frac{1}{2}$ . Между среднимъ и наружнымъ проводниками существуетъ поле, зависящее отъ алгебраической суммы токовъ въ этихъ проводникахъ въ каждое мгновеніе. Если мы обозначимъ одинъ токъ чрезъ  $C \sin \theta$ , то другой будетъ  $C \sin(\theta - 120^\circ)$  и сумма будетъ  $C \sin \theta + C \sin(\theta - 120^\circ) = C \sin(\theta - 60^\circ)$ . Это представляетъ токъ съ той-же самой амплитудой, какъ и токъ каждой отдѣльной фазы. Такъ какъ обратная электродвижущая сила, возникающая вслѣдствіе самоиндукціи, отстаетъ на  $90^\circ$ , то она будетъ имѣть, фазу  $\theta - 150^\circ$ , а, слѣдовательно, разность между нею и дѣйствующею электродвижущею силою будетъ  $30^\circ$ . 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 сѣченія въ 0.5 квадр. дюйма, равно 0.5. Складывая реакцію цѣпи и сопротивленіе, мы находимъ кажущееся сопротивленіе промежуточнаго проводника, какъ показано на фиг. 42 и фиг. 43. Уголъ между



Фиг. 42.



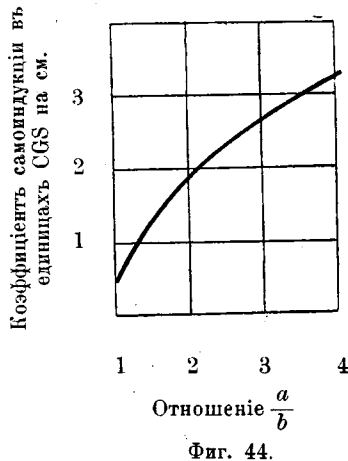
Фиг. 43.

векторами, означающими  $Lp$  и  $R$ , равенъ  $30^\circ$  на фиг. 42 и  $150^\circ$  на фиг. 43, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущихъ разсужденій. Вліяніе самоиндукціи на средній проводникъ будетъ больше, чѣмъ на внутренний, и если мы примемъ, что это вліяніе цѣликомъ обнаруживается на среднемъ проводникѣ, то изъ выше

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

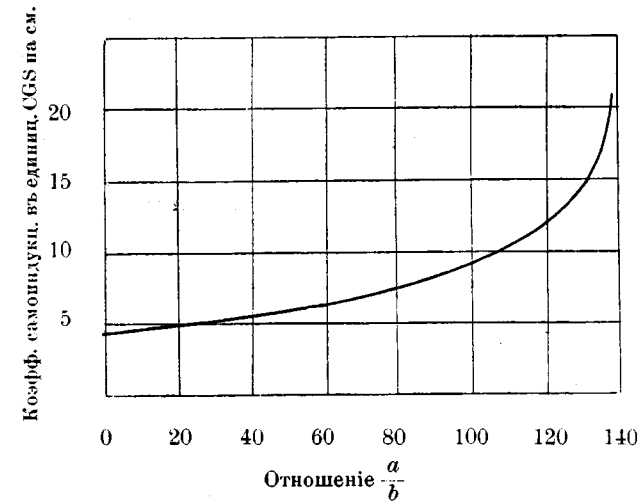
приведенных диаграмм видно, что въ разсма-  
триваемомъ кабелѣ—т. е. тройномъ концентрическомъ  
кабелѣ, проводящемъ трехфазный токъ, каждый про-  
водникъ котораго имѣетъ сѣченіе въ 0.5 квадр. дюйма—  
потеря напряженія въ промежуточномъ проводникѣ  
можетъ увеличиться до 20%, если проходящій по нему  
токъ по фазѣ опережаетъ токъ внутренняго прово-  
дника. Съ другой стороны эта потеря будетъ умень-  
шена, если взаимное отношеніе фазъ будетъ обратное  
предыдущему. При соединеніи кабелей съ распре-  
длительной доской это обстоятельство слѣдуетъ при-  
нимать во вниманіе.

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



Фиг. 44.

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



Фиг. 45.

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

(Electrical Review).

**Объ одномъ способѣ пусканія въ ходъ  
трехфазныхъ индукціонныхъ двигате-  
лей.** На станціи Крипикъ въ Прагѣ примѣненъ  
способъ пусканія въ ходъ трехфазныхъ двигателей,  
предложенный Фишеръ - Хинненомъ. Способъ этотъ,  
какъ извѣстно \*), состоитъ въ томъ, что, вмѣсто обыч-  
наго включенія въ каждую цѣпь арматуры не индук-  
тивныхъ сопротивленій, въ нихъ, вмѣсто этого, вклю-  
чается 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 само-  
индукціи дѣйствуетъ совершенно такъ-же, какъ и  
очень большое сопротивление, а вмѣстѣ катушки  
дѣйствуютъ такимъ же самымъ образомъ, какъ два  
большихъ сопротивленія, соединенныхъ параллельно.  
По мѣрѣ того, какъ скорость увеличивается и часто-  
та вторичной цѣпи уменьшается, кажущееся сопро-  
тивленіе индуктивной катушки также уменьшается  
и большое омическое сопротивление такимъ образомъ  
шунтируется постоянно уменьшающимся кажущимся  
сопротивленіемъ. Наконецъ, когда двигатель идетъ  
полнымъ ходомъ, полное сопротивление пускаемой  
въ ходъ системы становится почти равнымъ омическо-  
му сопротивленію катушки съ самоиндукціей. Повиди-  
мому, единственнымъ преимуществомъ этого способа  
является то обстоятельство, что двигатель автомати-  
чески, безъ всякихъ переключеній, переходитъ на ра-  
бочій ходъ. Кажущееся сопротивление ( $R$ ) и коэффи-  
циентъ самоиндукціи ( $L$ ) такого параллельнаго устро-  
йства выражаются слѣдующимъ образомъ:

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

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

гдѣ:

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

Такой результатъ получается въ томъ предполо-  
женіи, что омическое сопротивление катушки съ само-  
индукціей и самоиндукція неиндуктивнаго сопротивле-  
нія настолько малы, что ими можно пренебречь.

Изъ предыдущаго ясно, что между электродвижу-  
щими силами и токами въ арматурѣ возникнетъ  
разность фазъ ( $\delta$ ), выражаемая формулой

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

Здѣсь  $R_1$  постоянно и весьма велико, тогда какъ  
 $\omega$  уменьшается по мѣрѣ увеличенія скорости. По-  
этому съ увеличеніемъ скорости будетъ возрастать,  
пока не достигнетъ нѣкоторой постоянной величины.  
Такимъ образомъ во всякое время движенія является  
нѣкоторая разность фазъ между электродвижушими  
силами и токами арматуры что вызываетъ не только  
пониженіе движущаго усилія 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 индуктивнаго сопротивленія  
въ каждой цѣпи.

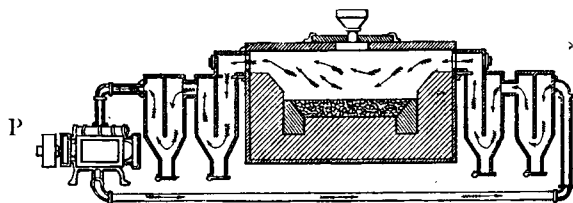
(El. Rev.).

**Переработка мышьяковистыхъ рудъ въ  
электрической печи.** Удаленіе металлургиче-  
скими способами мышьяка изъ рудъ желѣза, мѣди,  
никкеля и т. д. связано съ большими затрудненіями,  
и потому мышьяковистыя руды, даже заключающія  
въ себѣ дорогие металлы, сравнительно рѣдко под-  
вергаются переработкѣ. Но мышьякъ довольно легко  
отгоняется нагрѣваніемъ руды до достаточно высо-  
кой температуры; если руда содержитъ въ себѣ  
мышьякъ въ видѣ обыкновеннаго мышьяковистаго

колчедана (арсенопирита  $FeAsS$ ), то мышьякъ при нагрѣваніи улетучивается, и остается легкоплавкое односѣрнистое желѣзо  $FeS$ ; если въ рудѣ имѣются соединенія, болѣе богатыя мышьякомъ (лейкопиритъ  $Fe_3As_4$  или лѣллингитъ  $FeAs$ ), то къ ней примѣшивается соответствующее количество желѣзнаго колчедана  $FeS$ .

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

Т



Фиг. 46.

На днѣ печи находятся оба электрода, между которыми, чрезъ закрывающуюся герметически воронку  $T$ , засыпается руда. Последняя и въ холодномъ состояніи проводитъ токъ достаточно, чтобы замкнуть цѣпь, а затѣмъ нагрѣвается проходящимъ токомъ. Въ верхней части печи вдѣланы трубы, по которымъ чрезъ нее въ продолженіе всей операціи пропускается струя азота, накачиваемого и высасываемого помощью насоса  $P$ . Струя азота увлекаетъ съ собой выделяемые при нагрѣваніи 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 сплавленного сѣрнистаго желѣза, въ которомъ остаются также содержащіеся въ рудѣ дорогіе металлы.—Герингъ описываетъ опыты съ небольшою печью Вестмана. Примѣнялся перемѣнный 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 употребленіи большихъ печей потребление энергіи сократится до 1000 киловаттъ-часовъ на тонну руды. При стоимости электрической энергіи, существующей у Ниагарскаго 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. т. г. № 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 поперечникѣ покрыты электролитически мѣдью, кромѣ своей середины—на протяженіи 10 мм. Одна проволока заключена герметически въ стеклянную трубку, другая—

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

(С. R. CXXXII).

**Вредъ кислотныхъ паровъ, выделяемыхъ аккумуляторами.** Неудовольствія и нападки по поводу выдѣленія кислотныхъ паровъ аккумуляторами на электрическихъ трамваяхъ въ Берлинѣ продолжаютъ и по сіе время.

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

Кромѣ того, было найдено полезнымъ сдѣлать крышки надъ вентиляторными, помѣщенными 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 причиною...“

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 фигурѣ 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

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