

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Синхронные двигатели и параллельное соединеніе альтернаторовъ.

Статья Я. Когана-Шабшая.

Вмѣсто введенныхъ въ электротехнику изображеній векторовъ посредствомъ линейныхъ мнимыхъ выраженій: $z = x + jy$ *) мы воспользуемся эквивалентной показательной формой:

$$z = r e^{j\varphi} **),$$

представляющей на нашъ взглядъ то преимущество, что при дальнѣйшихъ алгебраическихъ дѣйствіяхъ явственнѣе сохраняется геометрическая связь между элементами.

Въ этомъ случаѣ мы будемъ имѣть слѣдующія основныя соотношенія.

Токъ

$$[I] = J_0 e^{j\psi}$$

Кажущееся сопротивление (Impédance)

$$[R] = R_0 e^{j\alpha}$$

Электродвижущая сила

$$[E] = E_0 e^{j\lambda} = [I] [R] = J_0 R_0 e^{j(\alpha + \psi)}.$$

Аргументы ψ , α , λ обозначаютъ фазу вектора по отношенію къ нѣкоторой основной оси Ox , а амплитуды могутъ обозначать максимальныя или средне-квадратичныя величины векторовъ.

Кромѣ того,

$$R_0 = \sqrt{r^2 + a^2 L^2}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{aL}{r}$$

гдѣ

r —сопротивленіе цѣпи, въ омахъ
 $a = 2\pi f$, f —число полныхъ цикловъ въ сек.
 L —коэффициентъ самоиндукціи.

Чтобы получить мощность, слѣдуетъ спроектировать на главную ось Ox векторъ:

$$[E] [I]^- = E_0 e^{j\lambda} \times J_0 e^{-j\psi} **).$$

*) См. труды Штейнмеца, Гильбера и др.

**) См. Корню, Шаперонъ (Cornu, Charignon).

***) Символь [I]^- обозначаетъ, что слѣдуетъ измѣнить знакъ показателя при e , напр.

$$[J_0 e^{j\psi}]^- = J_0 e^{-j\psi}$$

или болѣе общій случай:

$$[A e^{j\lambda} + B e^{j\beta} + C e^{j\gamma} + \dots]^- = A e^{-j\lambda} + B e^{-j\beta} + C e^{-j\gamma} + \dots$$

Слѣдовательно,

$$\text{мощность } P = E_0 J_0 \cos(\lambda - \psi).$$

НВ. Намъ кажется не лишнимъ напомнить о слѣдующихъ свойствахъ.

Если

$$z = A e^{j\alpha} + B e^{j\beta} + C e^{j\gamma} + \dots,$$

то модуль $z =$

$$= \sqrt{(A \cos \alpha + B \cos \beta + \dots)^2 + (A \sin \alpha + B \sin \beta + \dots)^2}$$

$$\text{фаза } z = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{A \sin \alpha + B \sin \beta + \dots}{A \cos \alpha + B \cos \beta + \dots}$$

Равенство:

$$A e^{j\alpha} + B e^{j\beta} + \dots = A' e^{j\alpha'} + B' e^{j\beta'} + \dots$$

влечетъ за собой два слѣдующихъ:

$$A \cos \alpha + B \cos \beta + \dots = A' \cos \alpha' + B' \cos \beta' + \dots$$

$$\text{и } A \sin \alpha + B \sin \beta + \dots = A' \sin \alpha' + B' \sin \beta' + \dots$$

Предположимъ, что заданы:

E_0 —приложенная разность потенциаловъ

и $[R] = R_0 e^{j\alpha}$ —кажущееся сопротивление (impédance) двигателя синхроннаго.

Если обратная электродвижущая сила двигателя будетъ

$$[E] = \varepsilon_0 e^{j\lambda},$$

то токъ въ обмоткѣ двигателя будетъ:

$$[I] = \frac{E_0 + [E]}{[R]} = \frac{E_0 + \varepsilon_0 e^{j\lambda}}{R_0 e^{j\alpha}} = \frac{1}{R_0} \left\{ E_0 e^{-j\alpha} + \varepsilon_0 e^{j(\lambda - \alpha)} \right\} \dots (1)$$

Изъ принятаго обозначенія ясно видно, что векторъ E_0 приложенной разности потенциаловъ принять за главную ось Ox .

Тогда:

$$[E] [I]^- = \frac{\varepsilon_0}{R_0} \left\{ E_0 e^{j(\lambda + \alpha)} + \varepsilon_0 e^{2j\lambda} \right\} \dots (1)$$

$$E_0 [I]^- = \frac{E_0}{R_0} \left\{ E_0 e^{2j\alpha} + \varepsilon_0 e^{j(\alpha - \lambda)} \right\} \dots (2)$$

$$P_u = \frac{\varepsilon_0}{R_0} \{E_0 \cos(\lambda + \alpha) + \varepsilon_0 \cos \alpha\} \quad (3)$$

поглощенная полная мощность

$$P_a = \frac{E_0}{R_0} \{E_0 \cos \lambda + \varepsilon_0 \cos(\alpha - \lambda)\} \quad (4)$$

Изъ уравнений (3) и (4) легко убѣждаемся, что:

$$P_u + P_a = \frac{\cos \lambda}{R_0} \{E_0^2 + \varepsilon_0^2 + 2E_0 \varepsilon_0 \cos \lambda\}.$$

Но уравненіе (1') указываетъ, что:

$$E_0^2 + \varepsilon_0^2 + 2E_0 \varepsilon_0 \cos \lambda = \{R_0 \text{ Мод. } [I]\}^2$$

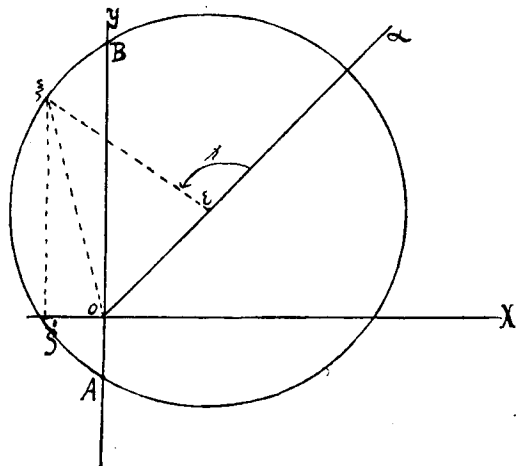
слѣдовательно,

$$P_u + P_a = R_0 \cos \lambda \{\text{Мод. } [I]\}^2 = r \{\text{Мод. } [I]\}^2 = \text{потеря на теплоту.}$$

NB. Замѣтимъ, что P_u — отрицательно, ибо выражаетъ полезную мощность двигателя.

Если принять $\varepsilon_0 = \text{const.}$ (съ однимъ и тѣмъ же возбужденіемъ) и $R_0 = \text{const.}$, то векторъ (1), проекція котораго на ось Ox представляетъ по величинѣ и знаку полезную мощность, дается слѣдующимъ построениемъ.

Пусть Ox — главная ось; подъ угломъ α *) проводимъ прямую Oa (фиг. 1), на которой мы отсѣкаемъ отрезокъ $O\varepsilon = \varepsilon_0$; изъ точки ε , какъ



Фиг. 1.

центра радиусомъ равнымъ E_0 описываемъ окружность. Радиус-векторъ этой окружности съ постояннымъ центромъ (началомъ) въ O представить искомымъ векторъ $O\xi$, проекція котораго на ось Ox дастъ полезную мощность $O\xi'$, а уголъ $\alpha\xi\xi'$, измѣряемый въ направленіи стрѣлки даетъ фазу $[\varepsilon]$ по отношенію къ E_0 .

Проводимъ $Oy \perp Ox$; въ пересѣченіи съ окружностью мы находимъ двѣ точки A и B . Но полезная мощность двигателя, какъ мы знаемъ, должна быть отрицательной, слѣдовательно, гео-

*) За положительное направленіе отсчета угловъ принято направленіе обратное движенію часовой стрѣлки.

метрическимъ мѣстомъ вектора $O\xi$ явится лишь та часть окружности ($A\xi B$), которая лежитъ влѣво отъ прямой Oy .

Для того, чтобы эта часть окружности влѣво отъ Oy существовала, должно удовлетворяться неравенство:

$$\varepsilon_0 \cos \alpha < E_0.$$

Итакъ, $\varepsilon_0 < \frac{E_0}{\cos \alpha}$ — есть условіе необходи-

мое и достаточное для возможности хода въ качествѣ двигателя. На этой диаграммѣ легко можно провѣрить, что въ точкѣ B полезная мощность равна нулю и фаза

$$\begin{aligned} \lambda &= \alpha \varepsilon B = \angle O \varepsilon B + \angle B O \varepsilon \\ &= \frac{\pi}{2} - \angle O \varepsilon C + \frac{\pi}{2} - \angle \varepsilon O x \\ &= \pi - \beta - \alpha, \end{aligned}$$

гдѣ

$$\beta = \angle \frac{A \varepsilon B}{2}$$

и

$$\cos \beta = \frac{E_0 \cos \alpha}{\varepsilon_0}.$$

Далѣ каждому увеличенію фазы λ (что отвѣчаетъ уменьшенію *) нагрузки двигателя) соответствуетъ увеличенію полезной мощности P_u или полезнаго усилія двигателя. Слѣдовательно, до точки C , пересѣченія прямой εC параллельной Ox съ окружностью, ходъ двигателя будетъ устойчивымъ.

Фаза въ этомъ случаѣ будетъ мѣняться

$$\begin{aligned} \text{отъ } \lambda &= \pi - \rho - \alpha \\ \text{до } \lambda &= \pi - \alpha. \end{aligned}$$

Для точки C полезная мощность

$$P_u = \text{maximum и } \lambda = \pi - \alpha$$

Начиная отъ точки C до точки A каждому увеличенію фазы λ отвѣчаетъ уменьшеніе полезной мощности; слѣдовательно, въ этой части ходъ двигателя будетъ устойчивымъ; фаза въ этомъ случаѣ будетъ мѣняться

$$\begin{aligned} \text{отъ } \lambda &= \pi - \alpha \\ \text{до } \lambda &= \pi - \alpha + \beta \end{aligned}$$

Откуда вытекаетъ слѣдующее заключеніе:

Для устойчиваго хода двигателя необходимо, чтобы фаза λ заключалась въ слѣдующихъ предѣлахъ:

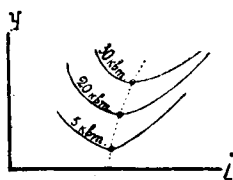
$$\pi - \alpha < \lambda < \pi - \alpha + \beta,$$

т. е. максимальное измѣненіе фазы измѣняется угломъ β , который мы можемъ назвать угломъ устойчивости.

При одномъ и томъ же возбужденіи (ε_0) этотъ уголъ увеличивается съ увеличеніемъ при-

*) Ибо здѣсь $0 < \lambda < \pi$ (векторъ ε_0 впередъ вектора E_0).

ложенной разности потенциалов (E_0); при постоянной приложенной разности потенциалов этот угол увеличивается при уменьшении возбуждения (ϵ_0), какъ легко убѣдиться изъ чертежа.



Фиг. 2.

Изъ чертежа мы видимъ, что полезная мощность достигаетъ своего максимума въ точкѣ C, гдѣ

$$\chi = \pi - \alpha.$$

Тогда уравненіе (3) намъ дастъ:

$$\begin{aligned} P_u \text{ max} &= \frac{\epsilon_0}{R_0} \left\{ \epsilon_0 \cos \alpha - E_0 \right\} \\ &= \frac{\epsilon_0 E_0}{R_0} \left\{ \frac{\epsilon_0 \cos \alpha}{E_0} - 1 \right\} \\ &= \frac{E_0^2 \epsilon_0 \cos \alpha}{R_0 \cos \alpha E_0} \left\{ \frac{\epsilon_0 \cos \alpha}{E_0} - 1 \right\} \\ &= \frac{E_0^2}{r} \cos \beta \left\{ \cos \beta - 1 \right\} \end{aligned}$$

такъ какъ:

$$\begin{aligned} R_0 \cos \alpha &= r \\ \frac{\epsilon_0 \cos \alpha}{E_0} &= \cos \beta. \end{aligned}$$

Эта мощность выражена здѣсь въ функціи отъ приложенной разности потенциалов E_0 , сопротивленія r и угла устойчивости β .

Легко можно убѣдиться въ томъ, что

$$\cos \beta = 1/2, \text{ т. е. } \beta = 60^\circ$$

обращаетъ въ максимумъ предыдущее выраженіе. Въ этомъ случаѣ

$$\epsilon_0 = \frac{E_0}{2 \cos \alpha}$$

и режимъ являлся бы наиболѣе надежнымъ.

Существованіе этого максимума приводитъ насъ непосредственно къ слѣдующимъ практическимъ выводамъ:

1°. Устойчивость двигателя увеличивается по мѣрѣ того, какъ возбужденіе растеть до

$$\epsilon_0 = \frac{E_0}{2 \cos \alpha},$$

при дальнѣйшемъ увеличеніи возбужденія — устойчивость падаетъ.

Если за основное возбужденіе принять $\epsilon_0 = E_0$, то для увеличенія устойчивости двигателя возбужденіе

усиливаютъ, если $\cos \alpha < 1/2$
и ослабляютъ, если $\cos \alpha > 1/2$.

2°. Увеличеніе сопротивленія уменьшаетъ устойчивость.

3°. Если положить $\epsilon_0 = E_0$, то всякое увеличеніе самоиндукціи (aI) обыкновенно понижаетъ устойчивость, ибо на практикѣ чаще всего встрѣчается случай $\cos \alpha < 1/2$ (развѣ если линія, идущая къ двигателю, имѣетъ крупное сопротивленіе).

Всѣ добытые выше выводы въ своемъ основаніи имѣли слѣдующія условія:

$$E_0 = \text{const}, \epsilon_0 = \text{const}, R_0 = \text{const}.$$

Перейдемъ теперь къ изслѣдованію того случая, когда нагрузка двигателя остается постоянной; кромѣ того: $E_0 = \text{const}$, $R_0 = \text{const}$, а ϵ_0 — возбужденіе измѣняется.

Но для большей простоты мы перепишемъ основныя соотношенія въ слѣдующей формѣ:

$$(5) \dots [I] = J_0 e^{i\psi} \quad (\psi = \text{фаза тока по отношению къ приложенной разности потенциалов } E_0)$$

$$[E] = E_0.$$

$$(6) \dots [I][R] = E_0 + [\epsilon] \quad ([\epsilon] = \text{обратн. электродвижущ. сила})$$

$$(6') \dots [\epsilon][I] = J_0^2 R_0 e^{i\chi} - E_0 J_0 e^{-i\psi}$$

ибо $[\epsilon] = J_0 R_0 e^{i(\psi + \alpha)} - E_0 = \epsilon_0 e^{i\chi} \dots (7)$

Слѣдовательно:

$$P_u = J_0^2 R_0 \cos \alpha - E_0 J_0 \cos \psi \dots (8)$$

Изъ отношеній (7) и (8) вытекаетъ, что:

$$\text{Модуль } [I] = J_0 = f(\epsilon_0) \dots (9).$$

Это уравненіе (9) геометрически изображается кривой, которая въ электротехникѣ носитъ названіе «кривой $\sqrt{}$ ».

Не останавливаясь на теоретической формѣ данной кривой, легко снимаемой при испытаніи двигателя, мы можемъ все-таки указать на ея нѣкоторыя характерныя свойства, даже не составивъ уравненія этой кривой.

1°. Для каждой опредѣленной полезной нагрузки при измѣненіи возбужденія измѣняется и токъ, который проходитъ чрезъ извѣстный минимумъ.

Дѣйствительно, продифференцируемъ ур. 8):

$$2J_0 R_0 \cos \alpha dJ_0 - E_0 \cos \psi dJ_0 + E_0 J_0 \sin \psi d\psi = 0$$

и приравняемъ производную $\frac{dJ_0}{d\psi}$ нулю тогда,

$$\frac{dJ_0}{d\psi} = \frac{E_0 J_0 \sin \psi}{E_0 \cos \psi - 2J_0 R_0 \cos \alpha} = 0.$$

Откуда:

$$\sin \psi = 0, \psi = 0$$

т. е. при измѣненіи возбужденія двигателя съ постоянной полезной нагрузкой токъ проходитъ чрезъ минимумъ каждый разъ, какъ фазометръ

Для режима минимального тока ур. (7) и (8) преобразуются въ слѣдующія:

$$E_0 e^{j\alpha} = J_0 R_0 e^{j\alpha} - E_0 \dots (7')$$

$$P_u = J_0^2 R_0 \cos \alpha - E_0 J_0 \dots (8')$$

Изъ уравненія (8') легко убѣждаемся, что полезная мощность P_u увеличивается вмѣстѣ съ J_0 , когда J_0 пзмѣняется отъ $J_0 = 0$ до $J_0 = \frac{E_0}{2r}$ (вытекающаго изъ условія: $\frac{dP}{dJ} = 0 = 2J_0 R_0 \cos \alpha - E_0 = 0$, гдѣ $R_0 \cos \alpha = r$). Когда же J_0 продолжатъ расти отъ $J_0 = \frac{E_0}{2r}$ до $J_0 = \frac{E_0}{r}$ (конечнаго предѣла, ибо P_u должно быть отрицательнымъ), то мощность уменьшается.

Откуда можемъ слѣдять слѣдующій выводъ:
2°. Вершины *) послѣдовательныхъ кривыхъ \vee удаляются постепенно отъ оси Ox съ возрастаніемъ полезной нагрузки до максимума; эти вершины продолжаютъ удаляться при дальнѣйшемъ уменьшеніи нагрузки (но этотъ послѣдній случай на практикѣ никогда не встрѣчается, ибо требуетъ силы тока, которой двигатель выдержать не можетъ; дальнѣйшія діаграммы полнѣе пояснятъ этотъ случай) (фиг. 2).

Этотъ режимъ съ минимальнымъ токомъ имѣетъ то серьезное значеніе, что обуславливаетъ наилучшій коэффициентъ полезнаго дѣйствія и относительное постоянство этого коэффициента при колебаніяхъ возбуждающаго тока. Отсюда вытекаетъ то практическое правило, что

«При увеличеніи нагрузки слѣдуетъ измѣнить возбужденіе такъ, чтобы минимальный токъ возросъ».

Какъ же слѣдуетъ поступить въ данномъ случаѣ съ возбужденіемъ?

Воспользуемся уравненіемъ (7').

Изъ этого уравненія ясно вытекаетъ геометрическое мѣсто вектора возбужденія въ функціи отъ минимальнаго тока.

Дѣйствительно проводимъ ось Ox ;halbо отсѣкаемъ отрѣзокъ $OA = E_0$ чрезъ точку A проводимъ прямую AB подъ угломъ α .

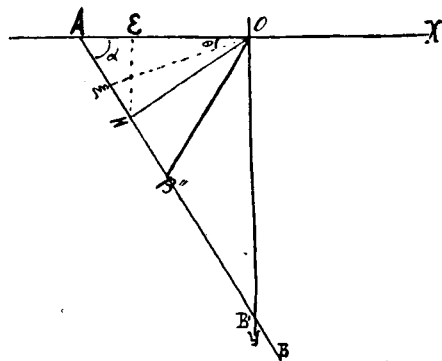
Прямая AB и представляетъ искомое геометрическое мѣсто, гдѣ $O\xi$ является векторомъ возбужденія (фиг. 3), ибо въ самомъ дѣлѣ, какъ видно изъ чертежа:

$$O\xi = OA + A\xi = -E_0 + J_0 R_0 e^{j\alpha} = \varepsilon_0 e^{j\alpha}$$

Чрезъ точку B' , средину отрѣзка AB' , проводимъ прямую OB'' даетъ величину возбужденія для максимальной полезной мощности, ибо, какъ мы выше видѣли, въ данномъ случаѣ:

*) Кривая \vee чертится слѣдующимъ образомъ: абсциссами служатъ токи для возбужденія (или обратная электродвижущая сила) а ординатами — величина силы тока въ двигателѣ. Вершиной будетъ служить точка съ минимальной ординатой.

$$J_0 R_0 = \frac{E_0}{2 \cos \alpha} = AB'' = \frac{OA}{2 \cos \alpha} = \frac{AB'}{2}$$



Фиг. 3.

Изъ этой діаграммы ясно видно, что при режимѣ минимальнаго тока возбужденіе сначала уменьшается съ увеличеніемъ полезной мощности, отъ точки же H ($OH \perp AB$, $OH = E_0 \sin \alpha$) это возбужденіе непрерывно растетъ съ дальнѣйшимъ возрастаніемъ полезной мощности P_u до точки B'' , отъ которой P_u уменьшается при все непрерывномъ увеличеніи возбужденія.

Изъ этой же діаграммы видно, что критическая точка H тѣмъ ближе къ A , чѣмъ больше уголъ α .

Въ современныхъ синхронныхъ двигателяхъ точка H настолько близка къ точкѣ A , что практически можно установить слѣдующее правило:

Съ возрастаніемъ полезной нагрузки двигателя слѣдуетъ увеличивать его возбужденіе.

Изъ уравненія (8')

$$P_u = J_0^2 R_0 \cos \alpha - E_0 J_0$$

и изъ тр-ка $OA\xi$ (фиг. 3):

$$J_0 = \frac{E_0 \sin \theta}{R_0 \sin(\alpha + \theta)}$$

Мы имѣемъ:

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{E_0^2 \sin^2 \theta \cos \alpha}{R_0 \sin^2(\alpha + \theta)} - E_0^2 \frac{\sin \theta}{R_0 \sin(\alpha + \theta)} \\ &= \frac{E_0^2 \sin \theta}{R_0 \sin^2(\alpha + \theta)} \{ \sin \theta \cos \alpha - \sin(\alpha + \theta) \} \\ &= - \frac{E_0^2 \sin \theta \sin \alpha \cos \theta}{R_0 \sin^2(\alpha + \theta)} \\ &= - \frac{E_0^2 \sin \alpha}{2R_0} \frac{\sin 2\theta}{\sin^2(\alpha + \theta)} \\ &= - \frac{E_0^2 \sin 2\alpha}{4r} \frac{\sin 2\theta}{\sin^2(\alpha + \theta)}. \end{aligned}$$

Уравненіе полезной мощности въ полярныхъ координатахъ (эта кривая построена на фиг. 4).

Разсмотримъ теперь, какова будетъ устойчивость при режимѣ минимальнаго тока; эта устой-

чивость выражается отношением максимальной полезной мощности, которую может развить двигатель при известном возбужденіи, къ той полезной мощности, которая при томъ возбужденіи обуславливаетъ минимальный токъ, т. е. устойчивость

$$S = \frac{P_{u \max}}{P_u}$$

Выше мы имѣли:

$$P_{u \max} = \frac{E_0 \epsilon_0}{R_0} (\cos \beta - 1) \quad \text{гдѣ} \quad \epsilon_0 = \frac{E_0 \cos \beta}{\cos \alpha}$$

Съ другой стороны тр-къ $OA\xi$ (фиг. 3) намъ даетъ:

$$\frac{\epsilon_0}{\sin \alpha} = \frac{E_0}{\sin (\alpha + \theta)}$$

Слѣдовательно:

$$P_{u \max} = \frac{E_0^2 \sin \alpha}{R_0 \sin (\alpha + \theta)} \left\{ \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\sin (\alpha + \theta)} - 1 \right\} \\ = \frac{E_0^2 \sin \alpha \{ \sin \alpha \cos \alpha - \sin (\alpha + \theta) \}}{R_0 \sin^2 (\alpha + \theta)}$$

Но, какъ мы уже имѣли:

$$P_u = \frac{E_0^2 \sin \alpha \sin 2\theta}{2R_0 \sin^2 (\alpha + \theta)}$$

и искомая устойчивость выразится:

$$S^* = \frac{P_{u \max}}{P_u} = \frac{2 \{ \sin (\alpha + \theta) - \sin \alpha \cos \alpha \}}{\sin 2\theta}$$

Кривая эта (4-го порядка въ прямоугольныхъ координатахъ) дана на фиг. 4 въ координатахъ полярныхъ.

Эта кривая имѣетъ известное значеніе, такъ какъ указываетъ намъ на ту максимальную нагрузку, которую мы можемъ задать двигателю, оставаясь въ условіяхъ экономическаго режима минимальнаго тока, и не переходя за известные предѣлы устойчивости (практически $S=2-\frac{5}{3}$).

Эта кривая указываетъ намъ, какова будетъ устойчивость, если перегрузить двигатель.

NB. Формула $S = \frac{\epsilon_0}{P_u r} (\epsilon_0 \cos \alpha - E_0)$ ясно указываетъ на то, что при заданной нагрузкѣ

*) Устойчивость истинная имѣетъ своимъ выраженіемъ:

$$S_0 = \frac{P_{u \max} - (F' + H + F)}{P_u - (F' + H_1 + F_1)}$$

гдѣ F' , H , F обозначаютъ соответственные потери на треніе, гистерезисъ и токи Фуко.

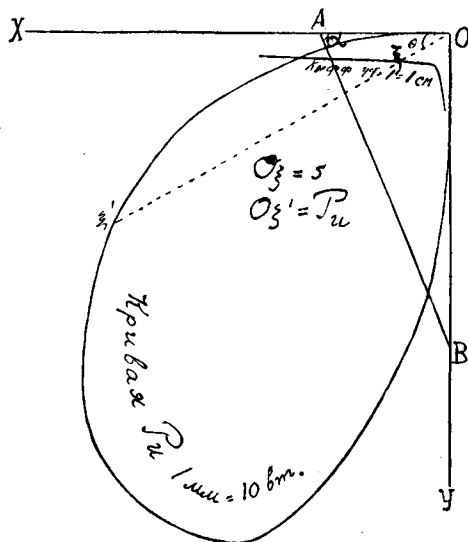
Легко убѣдиться, что треніе увеличиваетъ устойчивость, ибо:

$$\frac{P_{u \max} - (H + F)}{P_u - (H_1 + F_1)} < \frac{P_{u \max} - (H + F) - F'}{P_u - (H_1 + F_1) - F'}$$

то же самое можно сказать приблизительно и о потеряхъ на гистерезисъ и токи Фуко.

Итакъ, практическая устойчивость выше теоретической $S_0 > S$.

P_u можно всегда повысить устойчивость увеличивъ или ослабивъ ϵ_0 (смотря по тому $\cos \alpha < 1/2$ или $\cos \alpha > 1/2$), но очевидно, что въ данномъ случаѣ мы жертвуемъ режимомъ минимальнаго тока (т. е. высокимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія). Изъ этой кривой, наконецъ, вытекаетъ, что въ общемъ случаѣ «устойчивость уменьшается при увеличеніи полезной нагрузки».



Кривыя $P_u = f(\theta)$ и $S = f_1(\theta)$ въ полярныхъ координатахъ построены для трехфазнаго синхроннаго двигателя 7 л. с. въ лабораторіи Льежскаго Института Монтефиоре. Постоянные двигателя: $\text{tg} \alpha = 2,41$; $r = 0,1875 \Omega$, $E_0 = 110 \text{ в.}$, $R_0 = 0,49 \Omega$.

Фиг. 4.

Изъ предыдущей диаграммы (фиг. 3) вытекаетъ слѣдующій методъ для измѣренія реакція самоиндукціи (réactance) aL :

Заставимъ работать нашъ двигатель въ условіяхъ минимальнаго тока ($\psi = 0$). Фиг. 3 намъ указываетъ на существованіе такого возбужденія OH , при которомъ мы должны увеличивать возбужденіе, независимо отъ того, будемъ ли мы усиливать или ослаблять нагрузку двигателя.

Если при этомъ возбужденіи OH сила тока въ двигателѣ будетъ J_0 , то, какъ легко убѣдиться изъ чертежа, мы будемъ имѣть слѣдующія соотношенія:

$$H \epsilon = O \epsilon \times A \epsilon$$

$$a^2 L^2 J_0^2 = (E_0 - J_0 r) J_0 r$$

$$a^2 L^2 = \frac{E_0 r}{J_0} - r^2$$

Слѣдовательно:

$$\frac{aL}{r} = \text{tg} \alpha = \sqrt{\frac{E_0}{J_0 r} - 1^*}$$

*) Мы не могли, къ сожалѣнію, проверить этого метода въ лабораторіи Льежскаго института, любез-

Перейдемъ теперь къ вопросу о параллельномъ ходѣ альтернаторовъ.

Обратимся опять къ фиг. 1.

Какъ только фаза γ станетъ больше, нежели

$$\pi - \alpha + \beta \quad \gamma > \pi - \alpha + \beta.$$

Нашъ двигатель превратится въ генераторъ перемѣннаго тока, поставленный параллельно къ внѣшней цѣпи подъ постоянной разностью потенциала E_0 .

По правой половинѣ той же диаграммы можно было бы произвести изслѣдованіе, аналогичное тому, которое мы сдѣлали для синхроннаго двигателя.

Представимъ себѣ два параллельно соединенныхъ альтернатора и введемъ слѣдующія обозначенія:

E_0 —ихъ общая разность потенциала.

$[\epsilon_1]$ —электродвижущая сила 1-го альтернатора.

$[\epsilon_2]$ —электродвижущая сила 2-го альтернатора.

$[J_1]$ —токъ посылаемый 1-мъ альтернаторомъ.

$[J_2]$ —токъ посылаемый 2-мъ альтернаторомъ.

$[J_0] = [J_1] + [J_2]$ —токъ во внѣшней цѣпи.

$[R_1]$ —кажущ. сопротивление 1-го альтернатора.

$[R_2]$ —кажущ. сопротивление 2-го альтернатора.

Принявъ векторъ E_0 за основную ось, мы на основании указанного въ началѣ данной статьи можемъ написать слѣдующія соотношенія:

$$(9) \dots [J_1] = J_1 e^{j\psi_1} = \frac{E_0 + [\epsilon_1]}{[R_1]} = \frac{E_0 + \epsilon_1 e^{j\chi_1}}{R_1 e^{j\varphi}} \\ = \frac{1}{R_1} \left\{ E_0 e^{-j\varphi_1} + \epsilon_1 e^{j(\chi_1 - \varphi_1)} \right\}$$

$$(9') \dots [J_2] = J_2 e^{j\psi_2} = \frac{E_0 + [\epsilon_2]}{[R_2]} = \frac{E_0 + \epsilon_2 e^{j\chi_2}}{R_2 e^{j\varphi_2}} \\ = \frac{1}{R_2} \left\{ E_0 e^{-j\varphi_2} + \epsilon_2 e^{j(\chi_2 - \varphi_2)} \right\}.$$

Съ другой стороны, если кажущееся сопротивление внѣшней цѣпи мы обозначимъ чрезъ $[R_0] = R_0 e^{j\varphi_0}$, то:

$$(10) \dots [J_0] = J_0 e^{j\psi_0} = \frac{E_0}{[R_0]} = \frac{E_0}{R_0} e^{-j\varphi_0} \\ \text{но } [J_0] = [J_1] + [J_2]$$

слѣдовательно,

$$\frac{1}{R_1} \left\{ E_0 e^{-j\varphi_1} + \epsilon_1 e^{j(\chi_1 - \varphi_1)} \right\} + \frac{1}{R_2} \left\{ E_0 e^{-j\varphi_2} + \epsilon_2 e^{j(\chi_2 - \varphi_2)} \right\} = \frac{E_0}{R_0} e^{-j\varphi_0}$$

а это равенство, какъ мы указали въ началѣ статьи, влечетъ за собой слѣдующія два:

но предоставленной въ наше распоряженіе профессоромъ Эрикомъ Жераромъ, въ силу нѣкоторыхъ особенностей тамшней установки для синхронныхъ двигателей.

$$(11) \dots \frac{E_0 \cos \varphi_1}{R_1} + \frac{\epsilon_1 \cos (\chi_1 - \varphi_1)}{R_1} + \frac{E_0 \cos \varphi_2}{R_2} + \frac{\epsilon_2 \cos (\chi_2 - \varphi_2)}{R_2} = \frac{E_0 \cos \varphi_0}{R_0}$$

$$(12) \dots - \frac{E_0 \sin \varphi_1}{R_1} + \frac{\epsilon_1 \sin (\chi_1 - \varphi_1)}{R_1} - \frac{E_0 \sin \varphi_2}{R_2} + \frac{\epsilon_2 \sin (\chi_2 - \varphi_2)}{R_2} = - \frac{E_0 \sin \varphi_0}{R_0}$$

откуда, исключая E_0 , получаемъ слѣдующую связь между фазами χ_1 и χ_2 :

$$(13) \dots \frac{\epsilon_1 \frac{\cos (\chi_1 - \varphi_1)}{R_1} + \epsilon_2 \frac{\cos (\chi_2 - \varphi_2)}{R_2}}{\epsilon_1 \frac{\sin (\chi_1 - \varphi_1)}{R_1} + \epsilon_2 \frac{\sin (\chi_2 - \varphi_2)}{R_2}} = A = \\ = \frac{\frac{\cos \varphi_0}{R_0} - \frac{\cos \varphi_1}{R_1} - \frac{\cos \varphi_2}{R_2}}{- \frac{\sin \varphi_0}{R_0} + \frac{\sin \varphi_1}{R_1} + \frac{\sin \varphi_2}{R_2}}$$

Въ частномъ случаѣ двухъ тождественныхъ альтернаторовъ съ одинаковымъ возбужденіемъ мы будемъ имѣть:

$$\epsilon_1 = \epsilon_2; \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi, \quad R_1 = R_2$$

и

$$\frac{\cos (\chi_1 - \varphi) + \cos (\chi_2 - \varphi)}{\sin (\chi_1 - \varphi) + \sin (\chi_2 - \varphi)} = A' = \\ = \frac{\frac{\cos \varphi_0}{R_0} - 2 \frac{\cos \varphi}{R_1}}{2 \frac{\sin \varphi}{R_1} - \frac{\sin \varphi_0}{R_0}} = \frac{a}{b}$$

или:

$$2 \cos \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} - \varphi \right) \cos \frac{\chi_1 - \chi_2}{2} \\ 2 \sin \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} - \varphi \right) \cos \frac{\chi_1 - \chi_2}{2} = A'$$

то есть

$$\cotg \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} - \varphi \right) = A' = \frac{a}{b} \dots (14)$$

или

$$\chi_1 + \chi_2 = \text{const.}$$

Тогда изъ уравненія (11)

$$E_0 = \frac{\epsilon_1}{R_1} \frac{\{\cos (\chi_1 - \varphi) + \cos (\chi_2 - \varphi)\}}{\frac{\cos \varphi_0}{R_0} - 2 \frac{\cos \varphi}{R_1}} \\ (15) \dots = \frac{\epsilon_1}{R_1} \frac{2 \cos \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} - \varphi \right) \cos \frac{\chi_1 - \chi_2}{2}}{\frac{\cos \varphi_0}{R_0} - 2 \frac{\cos \varphi}{R_1}} \\ = \frac{2 \epsilon_1}{R_1} \frac{\cos \delta}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

гдѣ $\delta = \chi_1 - \chi_2 =$ уголъ, составленный векторами электродвижущихъ силъ обоихъ альтернаторовъ.

Съ другой стороны, на основаніи уравненія (4) полезная мощность каждаго альтернатора выра-

$$P_1 = \frac{E_0}{R_1} \{E_0 \cos \varphi + \varepsilon_1 \cos (\varphi - \gamma_1)\}$$

$$P_2 = \frac{E_0}{R_1} \{E_0 \cos \varphi + \varepsilon_1 \cos (\varphi - \gamma_2)\}$$

и разность между полезными мощностями каждаго альтернатора будетъ:

$$p = P_1 - P_2 = \frac{E_0 \varepsilon_1}{R_1} \{ \cos (\varphi - \gamma_1) - \cos (\varphi - \gamma_2) \}$$

$$(16) \dots = \frac{E_0 \varepsilon_1}{R_1} 2 \cos \left(\varphi - \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \right) \sin \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2}$$

или въ силу (14) и (15)

$$= \frac{4 \varepsilon_1^2}{R_1^2} \frac{a}{(a^2 + b^2)} \cos \delta/2 \sin \delta/2$$

$$= \frac{2a}{(a^2 + b^2)} \frac{1}{R_1^2} \varepsilon_1^2 \sin \delta = \Gamma \sin \delta.$$

Точно такъ же сумма полезныхъ мощностей, или полная мощность, поглощаемая во внѣшней цѣпи, выразится:

$$(17) \begin{aligned} P &= P_1 + P_2 = \frac{2E_0^2 \cos \varphi}{R_1} + \frac{\varepsilon_1 E_0}{R_1} \{ \cos (\varphi - \gamma_1) + \\ &\quad + \cos (\varphi - \gamma_2) \} \\ &= \frac{2 \cos \varphi}{R_1} \times \frac{4\varepsilon_1^2 \cos^2 \delta/2}{R_1^2 (a^2 + b^2)} + \frac{2\varepsilon_1^2 \cos^2 \delta/2}{R_1^2 \sqrt{a^2 + b^2}} \times \frac{2a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{4\varepsilon_1^2}{R_1^2 (a^2 + b^2)} \left\{ a + 2 \frac{\cos \varphi}{R_1} \right\} \cos^2 \delta/2 \\ &= \frac{4\varepsilon_1^2 \cos \varphi_0}{R_0 R_1^2 (a^2 + b^2)} \cos^2 \delta/2 = \Gamma_1 \cos^2 \delta/2 \end{aligned}$$

Изъ уравненія (17) мы видимъ, что при $\delta=0$,

$$\frac{dP}{d\delta} = \frac{\Gamma_1 \sin \delta}{2} = 0,$$

т. е. когда электродвижущія силы обонхъ альтернаторовъ совпадаютъ по фазѣ $\delta = \gamma_1 - \gamma_2 = 0$, мощность, поглощаемая во внѣшней цѣпи, измѣняется слабо съ измѣненіемъ δ (фазы) и, какъ показываесть (16), альтернаторы въ этомъ случаѣ одинаково нагружены, ибо $p=0$, но очень чувствительны къ синхронизированію, такъ какъ

$$\frac{dP}{d\delta} = \Gamma \cos \delta$$

$$\text{и } \left. \frac{dP}{d\delta} \right|_{\delta=0} = \Gamma = \text{maximum,}$$

т. е. при малѣйшемъ измѣненіи δ происходитъ чувствительное измѣненіе въ нагрузкѣ каждаго альтернатора, и слѣдовательно внимательство регулятора соответствующаго пароваго двигателя.

Мы убѣждаемся такимъ образомъ, что идущіе въ параллель альтернаторы исправляютъ недостатки въ инерціи маховаго колеса (чѣмъ обусловливаются колебанія δ), если только регуляторъ достаточно чувствителенъ.

Производство желѣза и стали при помощи электричества.

Статья А. Нейбургера.

(Окончаніе *).

Способъ Келлера **).

Способъ Келлера для электрическаго производства стали примѣняется въ Керуссѣ (департаментъ Мербигань) обществомъ „Compagnie Electrothermique Keller, Leleux & Co^{ie}“. Установка эта перестраивалась нѣсколько разъ, раньше чѣмъ были получены удовлетворительные результаты. Въ настоящее время она состоитъ изъ двухъ печей, изъ которыхъ первая служитъ для сплавленія и возстановленія, вторая для рафинажіи.

Первая печь стоитъ на небольшомъ возвышеніи и представляетъ собой шахту, стѣны которой сверху внизъ разступаются сперва постепенно, а затѣмъ, надъ подомъ, сразу очень сильно, чѣмъ избѣгаются всякія задержки въ осѣданіи сплавляемой массы. Въ средней части шахты и въ расширеніи надъ подомъ находится по двѣ пары электродовъ, изъ которыхъ верхніе соединены между собой параллельно, нижніе послѣдовательно. Сплавленіе и возстановленіе руды производится исключительно жаромъ вольтовыхъ дугъ между этими электродами. Подъ шахты имѣетъ наклонъ и надъ нимъ расположены, одно діаметрально противъ другого, два спускныхъ отверстія: одно для готоваго чугуна, другое для шлаковъ. Руда, уголь и флюсы засыпаются въ печь сверху, подобнымъ же образомъ, какъ въ обыкновенной доменной печи. Верхняя пара электродовъ вызываетъ сплавленіе, между нижними происходитъ возстановленіе. Образующая здѣсь окись углерода всасывается въ особую камеру и тамъ сжигается, образуемая же при этомъ теплота служитъ для подогреванія сырыхъ матеріаловъ. Если природа руды то допускаетъ, часть окиси углерода можетъ служить также и для возстановленія.

Выпущенный изъ первой печи чугунъ попадаетъ во вторую, передѣлочную, которая построена совершенно по принципу Де-Лавала-Геру. Прежде всего въ ней образуется достаточное количество шлаковъ, для чего по методу такъ наз. „ore process“ берется много шлакообразующихъ флюсовъ и лишь небольшое количество руды. Затѣмъ въ плавающей надъ металломъ слой шлаковъ погружаются четыре вертикальныхъ катода такъ, чтобы между ихъ нижними концами и поверхностью металла еще оставался тонкій слой шлака. Электрическій токъ совершаетъ тотъ же путь, какъ и въ процесѣ Геру, причемъ благодаря сгоранію углерода и другихъ примѣсей и образованію шлаковъ происходитъ превращеніе чугуна въ сталь. Въ этой печи могутъ быть передѣланы за одну оперцію 15—20 тоннъ стали.

Относительно стоимости своего способа Келлеръ сообщаетъ, что для полученія одной тонны стали требуется 2800 киловатт-часовъ; считая стоимость одного киловатта въ годъ (8400 часовъ) = 50 франковъ, получается для расхода на электрическую энергію, включая амортизацію, цифра въ 16,5 франка на одну тонну стали. Однако, стоимость энергіи колеблется въ зависимости отъ мѣстныхъ условій не меньше, чѣмъ цѣны на рабочія руки, руду и т. д., такъ что расходъ на электрическую энергію при стоимо-

* См. Э-во, т. г. № 4, стр. 56.

** Keller. Berg- u. Hüttenm. Zt. 1903, 3, 38; 41, 419. L'Eclair. électr. 1902, 41, 45. Electrochem. Industry 1903, 5, 162. Elektrochem. Zt. 1901, 8, 156; 1902, 9, 20; 1903, 10, 92, 126. Zt. Elektroth. 9, 516, 555. Привилегіи: герм.

сти одного киловатта въ годъ = 100 фр. составить 35 франковъ на тонну стали. Сообразно съ этимъ будутъ мѣняться и стоимость готового продукта; тогда какъ, напримѣръ, въ Керуссѣ производствомъ одной тонны стали обходится въ 90 — 100 франковъ, въ Чили оно должно стоить только 45 франковъ.

По поводу проекта постройки такого завода въ Чили Келлеръ произвелъ рядъ расчетовъ, изъ которыхъ слѣдуетъ, что для нѣкоторыхъ странъ электрическій способъ производства стали является вообще единственнымъ практически пригоднымъ, обыкновенный же доменный способъ совершенно неосуществимъ. Сюда относятся, кромѣ Чили, еще также и Бразилія, Новая Зеландія и т. д. Въ нихъ электрическій способъ единственно выгоденъ не только для производства стали, но даже и чугуна. Стоимость одной только самой лучшей стали составить въ Чили, при пользованіи электрическимъ способомъ, только 45 франковъ, причѣмъ еще слѣдуетъ имѣть въ виду, что руда должна привозиться изъ Новой Зеландіи. Составъ одной такой, чрезвычайно пригодной для выдѣлки стали, новозеландской руды выражается слѣдующими числами:

Fe_2O_3	52,88%
FeO	29 2 "
Al_2O_3	9,9 "
MnO	0,48 "
MgO	4,0 "
SiO_2	3,8 "
TiO_2	9,3 "

Келлеръ замѣчаетъ еще, что благодаря особому видоизмѣненію его способа, ему удалось удалить изъ этой руды весь титанъ, котораго поэтому вовсе не остается въ готовой стали.

Способъ Кьеллина *).

Этотъ способъ, примѣняемый въ Гизингѣ, въ Швеціи, можетъ служить только для производства стали, а не чугуна, и отличается особенно выдающимся качествомъ получаемого продукта. Благодаря послѣднему обстоятельству, онъ оказывается выгоднымъ несмотря на то, что обходится дороже разсмотрѣнныхъ выше способовъ, отъ которыхъ онъ технически радикально отличается. Идея, лежащая въ основѣ способа Кьеллина, совершенно оригинальна, а ея практическая разработка должна быть названа прямо гениальной. Сталь производится здѣсь въ электрической печи, вовсе не имѣющей электродовъ.

Изобрѣтенная Кьеллиномъ и разработанная имъ вмѣстѣ съ Бенедиксомъ (директоромъ завода въ Гизингѣ) печь представляетъ собой электрическій трансформаторъ, въ которомъ первичная обмотка получаетъ переменный токъ высокаго напряжения, превращаемый въ передѣльваемомъ чугунѣ, замѣняющемъ вторичную обмотку, въ токъ низкаго напряженія, но большой силы.

Въ печи, работающей въ Гизингѣ съ февраля 1900 года, помѣщеніе, принимающее передѣльваемый чугунокъ, представляетъ собой кольцеобразный глубокій желобъ, дно и стѣны котораго выведены изъ огнеупорнаго кирпича. Внутри этого кольца расположено призматической формы сердечникъ, составленный изъ большаго числа тонкихъ листовъ мягкаго желѣза и охваченный обмоткой изъ изолированной мѣдной проволоки. Этотъ сердечникъ выступаетъ изъ печи и образуетъ затѣмъ четырехугольникъ, охватывающій съ одной стороны печь такъ, какъ въ цѣпи одно кольцо охватываетъ другое. Мѣдная обмотка

соединена своими концами съ полюсами генератора переменнаго тока.

Когда чрезъ эту обмотку пропускается переменный токъ, въ желѣзномъ сердечникѣ возбуждается магнитное поле, сила и направленіе котораго безпрестанно мѣняются и котораго поэтому индуцируетъ также переменный токъ въ металлѣ, заполняющемъ собой кольцеобразное помѣщеніе печи. Такъ какъ металлъ расположенъ вокругъ сердечника только однимъ слоемъ, то сила возбуждаемаго въ немъ тока равна силѣ тока генератора, помноженной на число витковъ спиральной обмотки; въ томъ же отношеніи, конечно, уменьшается напряженіе тока. Такимъ образомъ, оказывается возможнымъ пользоваться генераторомъ тока высокаго напряжения для производства стали безъ всякихъ специальныхъ проводовъ и электродовъ, требующихъ особыхъ приспособленій для устранения науглероживанія желѣза. Весь процессъ заключается здѣсь въ томъ, что возбуждаемый токъ низкаго напряжения развиваетъ достаточно теплоты для сплавленія чугуна и сжиганія его углерода, результатомъ чего является образованіе тигельной стали самаго высокаго качества.

Уже первый, полученный 18 марта 1900 года продуктъ обнаружилъ выдающіяся качества и доказалъ техническую пригодность способа. Но если техническая сторона была уже рѣшена, то экономическія затрудненія были еще очень велики. Печь вмѣщала въ себѣ всего лишь 80 кило и съ динамомашинной въ 78 киловаттъ не удавалось производить болѣе 270 кило стального литья въ сутки. Поэтому тотчасъ же было приступлено къ постройкѣ второй печи съ большимъ желѣзнымъ сердечникомъ, которая была закончена въ ноябрѣ 1900 года. Въ этой печи, вмѣщавшей въ себѣ 180 кило и перерабатывавшей шихты по 100 кило въ теченіе 3—4 часовъ, можно было производить въ сутки 600—700 кило стали при затратѣ 58 киловаттъ. Такъ какъ расчетъ показываетъ, что способъ Кьеллина можетъ съ выгодой работать лишь при печахъ большихъ размѣровъ, то было рѣшено построить на мѣстѣ сгорѣвшаго 11 августа 1901 г. сульфатнаго завода Гизингъ сталелитейный заводъ, который получалъ бы энергію отъ турбины на 300 силъ, соединенной прямо съ генераторомъ тока, и печь котораго вмѣщала бы въ себѣ 1800 кило. Производство должно (при загрузкѣ сырого материала въ холодномъ состояніи) составлять не менѣе 1500 тоннъ въ годъ. Выложена будетъ эта печь кварцевымъ кирпичемъ; напряженіе переменнаго тока предполагается, для сбереженія мѣди, повысить до 3000 вольтъ.

Причина болѣе высокой стоимости процесса Кьеллина по сравненію съ другими становится ясной изъ слѣдующихъ соображеній. Г. В. Сименсъ, который еще въ 70 годахъ прошлаго столѣтія производилъ опыты электрическаго производства стали, исчисляетъ теплоту, потребную для полученія одного килограмма сплавленной стали въ 182 калоріи, что отвѣчаетъ теоретическому выходу въ 84 кило стали въ сутки на 1 лош. силу. Это исчисленіе заключаетъ въ себѣ ту ошибку, что въ ней не принята въ расчетъ теплота, которую чугунокъ уноситъ съ собой изъ печи и которая по Ледебуру составляетъ 265 калорій, а также выпущено изъ виду то обстоятельство, что температура стали на 350° выше, чѣмъ чугуна. Если принять въ расчетъ оба эти обстоятельства, то для количества теплоты, требующей для производства одного кило стали, получается $264 + 350 \cdot 0,3 = 370$ калорій (теплоемкость = 0,3, температура = 1500°), такъ что однимъ киловаттомъ въ часъ (= 860 калорій) можно сплавить 2,34 кило стали или, допуская 4% потери въ вѣсѣ материала, — 2,2 кило. Въ противоположность этой теоретической цифрѣ техническій выходъ составляетъ лишь 1,03 кило, что отвѣчаетъ полезному дѣйствію = 47%. Потери 53% или 87,5 киловатта на 1 кило стали складываются изъ 79,25 киловатта тепловой потери и 8,25 квт. магнитной и электриче-

*) Kjellin—Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1903, 41, 494. Electr. World 1903, 551. Elektrochem. Industry 1903, 5, 162; 10, 576; 11, 376. Electroch. Zt. 1903, 10, 122. Zt. Elektroch. 8, 710; 9, 517, 555. Привилегія: герман. 126606, англ. 18921 (1900) и др.

ской. Эти числа относятся къ тому случаю, когда чугунъ поступаетъ въ печь въ холодномъ состояніи. Если же онъ сплавленъ уже раньше, то обстоятельства слагаются гораздо благоприятнѣй. Значительные разницы потери тепла дѣлаютъ понятнымъ, почему процессъ можетъ быть выгоденъ лишь при пользованіи большими печами, каменная кладка которыхъ лишь медленно отдаетъ теплоту наружу и охлаждаемая поверхность которыхъ стоитъ въ наиболѣе благоприятномъ отношеніи къ развиваемой въ печи теплотѣ.

Если, тѣмъ не менѣе, способъ Кьеллина уже при испытаніи второй печи въ Гизингѣ не былъ признанъ неэкономнымъ, то это объясняется, помимо малой стоимости на мѣстѣ электричества, выдающимся качествомъ полученной стали, которая могла быть продана по очень высокой цѣнѣ. Сталь Кьеллина отличается своей плотностью, однородностью, вязкостью и легкостью, съ какой она въ холодномъ, незакаленномъ состояніи принимаетъ обработку даже при очень высокомъ содержаніи углерода. Всѣ эти драгоценныя качества обусловлены полнымъ отсутствіемъ газовъ во время выплавки. По способу Кьеллина могутъ получаться также специальные сорта стали съ никкелемъ, хромомъ, марганцемъ или вольфрамомъ, и также очень высокаго качества.

Стоимость производства одной тонны стали еще недавно составляла около 172 марокъ, причемъ расчеты производились для печи, дающей за одну операцию около тонны продукта и стоящей около 15 тысячъ кронъ; при этомъ статья „общіе расходы“ входитъ въ счетъ суммой около 20 марокъ. Какъ Кьеллинъ мнѣ сообщаетъ, ему въ теченіе послѣдняго полугодія удалось уменьшить расходы по нѣкоторымъ статьямъ. Такъ, между прочимъ, онъ достигъ значительныхъ улучшеній въ футеровкѣ печи (которая, какъ указано выше, имѣетъ кислый характеръ, но можетъ быть также и основной), благодаря чему послѣдняя печь могла работать безъ перерыва въ теченіе 10 недѣль. Для печи, производящей въ сутки 4100 кило, стоимость ремонта, включая возобновленіе каменной кладки, составляла 2,35 марки на одну тонну выплавленной стали. Потери матеріала уменьшились съ 8 до 3%. Для своей теперешней печи, потребляющей максимально 165 квт. = 225 лощ. силъ, Кьеллинъ исчисляетъ расходы выплавки (исключая матеріалы, энергію, проценты и генеральные расходы) приблизительно слѣдующимъ образомъ:

Ремонтъ (матеріалы и работа)	2,35	мрк.
Рабочія руки	8,40	„
Кокилли	1,68	„
Освѣщеніе	0,22	„
Различные расходы	4,80	„

Итого на 1 тонну стали 17,45 „

Нѣсколько анализированныхъ въ Гизингѣ образцы стали дали слѣдующіе результаты:

	I.	II.	III.
C	1,450%	1,200%	0,950%
Si	0,470	0,740	0,350
Mn	0,490	0,460	0,330
P	0,011	0,013	0,014
S	0,010	0,010	0,015

Способъ Жиро *).

Относительно этого способа извѣстно сравнительно мало. Одна установка будто бы строится въ Куртпенѣ близъ Фрейбурга (Швейцарскаго). Основой процесса Жиро служитъ печь, представляющая собой

тигель, состоящій смотря по обстоятельствамъ, изъ графита или огнеупорнаго кирпича; тигель нагревается окружающей его графитовой массой, чрезъ которую пропускается электрической токъ, развивающій теплоту по принципу сопротивления. Печь вращается, подобно бессемеровскому конвертору, на горизонтальной оси, по которой также проводится токъ къ электродамъ. Какъ преимущество способа выставляется то обстоятельство, что электроды не приходятъ въ прикосновеніе съ восстанавливаемымъ матеріаломъ и потому нисколько не обгораютъ. Такая печь, потребляя 150 квт., производить будто бы 150—200 кило стали въ часъ. Регулированіе температуры не представляетъ никакихъ затрудненій.

Способъ Нейбургера-Мине *).

Описанные до сихъ поръ способы, какъ будетъ показано въ концѣ этой статьи, пригодны главнымъ образомъ для странъ, богатыхъ водной силой и бѣдныхъ рудами. Но всѣ авторы, занимавшіеся этимъ предметомъ, согласны между собой въ томъ, что и въ странахъ, не изобилующихъ водной силой, напримеръ въ Германіи, производство стали электрическимъ путемъ можетъ имѣть будущность, если для него начнутъ пользоваться энергіей уходящихъ изъ доменныхъ печей газовъ. Съ этой точки зрѣнія и выработанъ способъ Нейбургера-Мине. Основой его служитъ электрическая печь такой конструкціи, что въ ней возможно тройное использование теплоты самыхъ различныхъ газовъ, благодаря чему расходы на нагреваніе при электрометаллургическихъ процессахъ сводятся на минимумъ.

Кромѣ производства стали и различныхъ сортовъ желѣза, печь должна служить также для выплавки различныхъ сплавовъ, марганцевой, вольфрамовой и хромовой стали, ферросилиция и т. д.

Печь Нейбургера-Мине можетъ получать теплоту изъ трехъ источниковъ: 1) отъ горящихъ или не горящихъ газовъ доменныхъ печей; 2) отъ богатыхъ или бѣдныхъ горящихъ газовъ изъ газовыхъ заводовъ или другихъ генераторовъ газа; 3) отъ электричества въ видѣ дуги или въ видѣ теплоты, развиваемой токомъ съ самою перерабатываемой матеріалѣ. Печь состоитъ изъ центральной реакціонной камеры, по сторонамъ которой находятся камеры для сжиганія газовъ, а по сторонамъ этихъ—камеры для подогрѣванія сырыхъ матеріаловъ. Въ ней возможно получать всѣ температуры, примѣняемая въ металлургическихъ и электрометаллургическихъ процессахъ отъ 200° (въ этомъ случаѣ печь прямо нагревается отходящими газами доменной печи, безъ ихъ сжиганія), до наиболѣе высокихъ температуръ, требуемыхъ для выплавки желѣза и стали изъ руды, причемъ сырые матеріалы сперва подогрѣваются до 1500°, а необходимое затѣмъ еще количество теплоты доставляется токомъ.

Расположеніе электродовъ мѣняется въ зависимости отъ характера реакцій и требуемой степени чистоты продукта.

Способъ Конлэ **).

Намъ остается еще описать два американскихъ способа, не лишенныхъ интереса въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ. Въ способѣ Конлэ примѣняется вертикальная печь сопротивления, имѣющая форму опро-

*) Neuburger-Minet.—Elektroch. Zt. 1902, 9, 139; 10, 106, 121. Zeitschr. für Elektrochemie 8, 457, 830.

**) Conley.—Electr. World and Engineer. 1902, стр. 731. Elektrochem. Zt. 1903, т. 10, стр. 82 и 126. Elektrochemist and Metallurgist 1902, т. 2, стр. 16. Eng. Min. Journ. т. 75, стр. 524 L'ind. électroch. 1903, т. 1, стр. 2. Zt. für Elektrochem. т. 9, стр. 555. Привилегія: америк. 697810 и 730746; франц. 320112.

*) Girod.—L'Industrie électrochim. 1903, т. 9, стр. 63, т. 10, стр. 72. Journal de l'Électrolyse 1903, 4; 176, 1. Elektrochem. Zt. 1904, 10, 236. Франц. прив. 329822.

кинутого усѣченного конуса. Въ немъ выплавляются какъ чугуны, такъ и сталь. Въ стѣны печи вѣданы два вѣнца электродовъ изъ смѣси графита съ глиной; изъ нихъ верхній служитъ для процесса сплавления, нижній—для процесса восстановления. Для того, чтобы въ этомъ нижнемъ поясѣ возможно лучше сконцентрировать теплоту и получить достаточно высокую температуру, восстановительная камера построена такъ, чтобы излучение теплоты наружу было возможно ничтожно и чтобы въ ней постоянно находилось сравнительно малое количество восстанавливаемого матеріала. Относительно стоимости производства Конлэй сообщаетъ слѣдующія данныя (для 100 тоннъ въ сутки).

5000 л. с. (по 75 фр. въ годъ)	1250 фр.
30 тоннъ кокса	300 „
200 тоннъ руды, 65%-ной	3500 „
Ремонтъ и содержаніе печей	250 „
Рабочія руки	625 „

5925 фр.

Конлэй построилъ еще другую печь, о конструкціи которой, однако, ничего не извѣстно, главнымъ преимуществомъ которой будто является то обстоятельство, что она можетъ быть въ теченіе одного часа пущена въ ходъ и, кромѣ того, въ противоположность первой печи, дающей только обыкновенную сталь, производить самую лучшую тигельную сталь. Расходы производства въ этой печи, для 24 тоннъ въ сутки, составляютъ по даннымъ Конлэя:

1250 лощ. силъ	312,50 фр.
12 тоннъ желѣзной ломы	1680, „
12 тоннъ чугуна	960. „
Рабочія руки	325, „
Ремонтъ	135, „

3412,50 фр.

Такимъ образомъ стоимость производства по этому способу одной тонны лучшей тигельной стали составляетъ 142,19 фр.

Способъ Рутенбурга *).

Этотъ способъ цѣликомъ приспособленъ къ мѣстнымъ условіямъ и существенно отличается отъ всѣхъ предыдущихъ. Онъ предназначенъ для тѣхъ случаевъ, когда въ переработку поступаютъ мелкозернистыя и порошокватая или легко измельчающіяся магнитныя руды, которыя лишь съ большимъ трудомъ могутъ быть сплавлены въ обыкновенной доменной печи. Печь состоитъ изъ двухъ полыхъ опрокинутыхъ конусовъ, обмотанныхъ снаружы проволокой, такъ что при прохожденіи тока они превращаются въ электромагниты и, притягивая къ себѣ магнитныя руды, замедляютъ ихъ спускъ внизъ въ точно регулируемой степени. Выступающая изъ конусовъ руда (смѣшанная въ соответствующей пропорціи съ углемъ) падаетъ затѣмъ между двумя вращающимися цилиндрами, между которыми она образуетъ электрическое соединеніе и, нагрѣваясь токомъ, подвергается сплавленію и восстановленію. Образующееся желѣзо тотчасъ же падаетъ внизъ, въ пріемную камеру. Въ одну изъ послѣдующихъ видоизмѣненій способа Рутенбурга (онъ измѣнялся много разъ) между вращающимися цилиндрами совершается только сплавленіе, восстановление же затѣмъ въ отдѣльной камерѣ. Трата энергіи составляетъ около 250 квт.-часовъ на

1 тонну руды. По сообщенію автора, его процессъ сопровождается также выдѣленіемъ сѣры и фосфора.

Значеніе электрическихъ способовъ производства желѣза и стали съ экономической точки зрѣнія обсуждалось уже не разъ *). Всѣ занимавшіеся этимъ вопросомъ согласны между собой въ томъ, что имъ въ будущемъ предстоитъ широкое примѣненіе, правда въ очень различной степени въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Тогда какъ въ нѣкоторыхъ странахъ, благодаря изобилію и мощности водопадовъ и также особымъ свойствамъ рудъ окажется возможнымъ обходиться вообще безъ доменныхъ печей, въ другихъ странахъ электрической способъ будетъ примѣнимъ только къ производству стали, причѣмъ это производство можетъ быть особенно выгодно для опредѣленныхъ сортовъ стали и въ особенности тогда, если для этого будутъ пользоваться энергіей отходящихъ изъ доменныхъ печей газовъ.

Недавно этотъ вопросъ былъ разработанъ Л. Симпсономъ. Несмотря на то, что въ извѣстныхъ относительно различныхъ способахъ числахъ имѣются еще значительныя пробѣлы, такъ что нельзя составить сравнительнаго подсчета расходовъ, исходя изъ одного опредѣленнаго основанія, Симпсонъ тѣмъ не менѣе приходитъ къ выводу, что уже теперь можно считать доказаннымъ, что и тамъ гдѣ замѣна всего доменнаго производства электрическимъ не выгодна, примѣненіе электричества къ выплавкѣ стали все же можетъ оказаться рациональнымъ. Симпсонъ считаетъ также доказаннымъ, что въ электрическихъ печахъ получается однородная сталь и притомъ, по видимому, болѣе высокаго качества, чѣмъ обыкновенная. Преимущества электрическаго метода сопоставляются имъ въ слѣдующихъ пунктахъ:

1) Выплавленная электрическимъ путемъ сталь болѣе однородна по своему качеству и плотнѣй.

2) Одинъ и тотъ же заводъ, даже небольшихъ размѣровъ, имѣетъ возможность производить различные сорта стали и сплавовъ, и притомъ, со сравнительно небольшими расходами.

3) Производительность завода можетъ быть легко увеличена. Производство можетъ быть приостановлено по желанію безъ вреда для печей и затѣмъ возобновлено въ любой моментъ.

4) Требуется лишь небольшое число обученныхъ рабочихъ рукъ.

5) Расходы на требуемую силу компенсируются меньшей стоимостью печей.

6) Производство отличается своей правильностью. Печи могутъ быть произведены во время работы. Въ виду небольшой стоимости электрическихъ печей можно всегда имѣть печи въ резервѣ, которая въ случаѣ надобности легко и быстро пускаются въ ходъ.

Расчетъ стоимости электрическихъ способовъ, въ особенности примѣнительно къ нѣмецкимъ условіямъ, были произведены также Гольдшмидтомъ. Эти расчеты особенно важны въ виду того, что Гольдшмидтъ, какъ представитель германскаго департамента привилегій, производилъ ихъ безъ всякой предвзятости. Прежде всего Гольдшмидтъ подтверждаетъ поразительный результатъ, что въ Дарфю производство одной тонны стали дѣйствительно обходилось не дороже 75 марокъ. Правда эта низкая цифра отчасти обусловлена чистотой итальянскихъ рудъ и дешевой водной силы. Производя расчеты по цѣнамъ, существующимъ въ Вестфалии, Гольдшмидтъ получилъ для стоимости стали по способу Стассано цифру 150—170 марокъ съ тонны. Такимъ образомъ сталь Стассано не могла бы конкурировать въ Германіи съ обыкновенной сталью, которая, вообще говоря, обходится не дороже 100 марокъ тонна; но совсѣмъ иначе

*) Ruthenburg.- Chem.-Ztg. 1903, 88, 1083. Electrical World, a. Engin. 1901, 22, 895. Electrochemical Industry 1902, 4, 141; 1903, 6, 202. Elektrochem. Zt. 1903, 10, 124, 216. Привиделіи: америк. 687503, герман. 138659, англ. 13867.

*) Eisenzeitung 1903, 21, 231. Electrochemical Industry 1903, 7, 247; 8, 277. Elektrochem. Zt. 1901, 8, 16; 1903, 10, 213, 126. Elektrotechn. Rundschau 1902—1903, 20, 136. L'Industrie électrochimique 1902, 1, 4. Stahl und Eisen 1901, 433—489.

обстоит дело для тигельной стали, производство которой по обыкновенному способу стоит около 300 марок тонна. Гольдшмидт предлагает пользоваться для этого простым, получаемым в доменной печи чугуном.

Л. Гурвич.

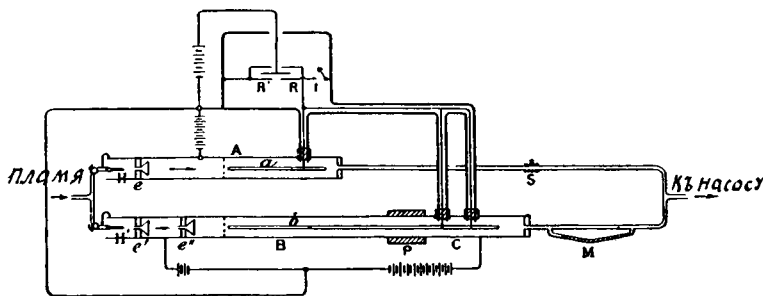
НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

О проводимости газовъ, выделяемыхъ пламенами. Лангезэнъ и Е. Блохъ. Если мы обозначимъ черезъ α коэффициентъ образования ионовъ, а черезъ k_1 и k_2 скорости движения разноименныхъ ионовъ, то отношение

$$\varepsilon = \frac{\alpha}{4\pi(k_1+k_2)}$$

будетъ выражать отношение числа образующихся ионовъ, къ числу нейтрализованныхъ. Въ средѣ лишенной пыли это отношение должно быть меньше единицы. Для воздуха, ионизированного лучами Рентгена, ε равно приблизительно $\frac{1}{4}$; для воздуха, ионизированного фосфоромъ, оно, вследствие малой подвижности фосфорныхъ ионовъ, должно быть близко къ единицѣ.

П. Лангезэнъ и Е. Блохъ опредѣляли значение ε для газовъ, испускаемыхъ пламенами и для этой цѣли пользовались слѣдующимъ приборомъ (фиг. 5). Трубка въ 6 см. діаметромъ состоитъ изъ двухъ частей: В и С, которая изолирована въ Р. Въ нихъ находится изолированный проводникъ b , діаметромъ въ 1 см. и длиной въ 150 см., передъ которымъ находится металлическая крышка, ограничивающая развиваемое имъ поле. Помощью водяного насоса,



Фиг. 5.

черезъ трубку ВС и трубку А можно просасывать воздухъ, заряжающийся ионами у двухъ синихъ пламенъ Н и Н'. Эти послѣднія расположены у двухъ металлическихъ трубочекъ, непосредственно присоединенныхъ къ трубкамъ А и В. Воронки e , e' и e'' регулируютъ притокъ ионизированнаго газа въ А и ВС. Пламена берутся достаточно малыми, такъ что приборъ почти не нагревается.

Допустимъ теперь, что газъ проходитъ около заряженнаго конденсатора Вд. Пусть Q^0 есть максимальное количество электричества, которое можетъ выдѣлится изъ газа по длинѣ В нѣкоторое очень сильное поле. Если употребить менѣе сильное поле, производимое зарядомъ δ на той же длинѣ и гуще удалитъ всѣ ионы противоположнаго знака въ В, то въ этомъ случаѣ находятъ, что $Q < Q^0$. Въмѣсто того, чтобы измѣрять величины Q и Q^0 порознь, измѣряютъ Q^0 и разность $Q^0 - Q$, характеризующую процессъ образования ионовъ. Для измѣрения этой послѣдней пользуются трубкой А, которая называется компенсационной. Опытъ ведется слѣдующимъ образомъ.

1) Трубки А и ВС заряжаются до потенциала ± 400 влт. Зажимъ Г регулируется такимъ образомъ, чтобы электрометръ былъ на нулѣ; въ этомъ случаѣ a и b получаютъ въ секунду заряды пропорціональные Q^0V и QV , гдѣ V есть скорость движения газа.

2) Измѣняютъ на обратные знаки поля у А и ВС и электрометръ отклоняется со скоростью, пропорціональною $2Q^0V$.

3) Не касаясь А, заряжаютъ В до потенциала—100 влт., а С до потенциала—800 влт. Тогда электрометръ отклоняется со скоростью, пропорціональною $(Q^0 - Q)V$.

4) Измѣряютъ δ , прекращая просасываніе газа, изолируя электрометръ и заряжая ВС до потенциала отъ 2 до 4 влт. Отклоненіе электрометра пропорціонально δ .

Что касается скорости V , то она вычисляется на основаніи поперечника трубки ВС и расхода газа. Подобнымъ методомъ Лангезэнъ и Блохъ получили для ε величину около 0,07.

(L'clair. Electr.).

Объ ионахъ атмосферы. Изслѣдованіе ионизаціи атмосферы производится обыкновенно по способу Эберта, заключающемуся въ томъ, что изслѣдуемый воздухъ просасывается чрезъ цилиндрической заряженный конденсаторъ, внутренняя (осевая) обложка котораго сообщается съ листочкомъ электроскопа; измѣряемая электроскопомъ потеря заряда пропорціональна числу имѣющихся въ воздухѣ ионовъ, такъ какъ всѣ они обладаютъ однимъ и тѣмъ же зарядомъ въ $3,4 \cdot 10^{-10}$ электростат. единицъ; при этомъ предполагается, что всѣ содержащіяся въ воздухѣ ионы успѣваютъ собраться и разрядиться на обложкахъ конденсатора. Послѣднія изслѣдованія Ланжевэна показываютъ, однако, что это, лежащее

въ основѣ всего способа, допущеніе при обыкновенныхъ условіяхъ работы не вѣрно. Ланжевэнъ произвелъ рядъ измѣреній силы разряднаго тока i въ цилиндрическомъ конденсаторѣ, зарядившемся до различныхъ потенциаловъ и, построивъ затѣмъ графическую кривую зависимости i отъ потенциала V , нашелъ въ ней два сильныхъ изгиба. Изгибы эти имѣютъ слѣдующее значеніе. Атмосферные ионы могутъ не всѣ обладать одинаковой быстротой перемѣщенія; но если струя воздуха при данномъ потенциалѣ просасывается чрезъ конденсаторъ со скоростью U , то тѣ ионы, которые движутся со скоростью меньшей, чѣмъ нѣкоторая величина k , не успѣютъ всѣ выдѣлится на обложкѣ конденсатора, и для ихъ полного выдѣленія (т. е. получения „тока насыщенія“) требуется болѣе высокій потенциалъ. Такимъ образомъ упомянутые изгибы графической кривой iV соответствуютъ полному выдѣленію ионовъ различной скорости. Измѣренія Ланжевэна показываютъ, что въ атмосферѣ (на уровнѣ почвы), кромѣ обыкновенныхъ ионовъ, обладающихъ быстротой движенія ок. 1,5 см. при паденіи потенциала въ 1 влт. на 1 см.), суще-

ствуютъ еще другіе, въ нѣсколько тысячъ разъ меньше подвижныя (подобная же малая подвижность обнаружена уже въ ионахъ фосфора Блокомъ). Въ особенности интересно, что общее количество электричества, переносимое этими медленными ионами, можетъ въ 50 разъ превышать общій зарядъ, переносимый обыкновенными ионами, который, однако, одинъ только и измѣряется въ приборѣ Эберта.

(Comptes Rendus 1905, № 4).

Объ удлинении индукционныхъ искръ подѣ дѣйствіемъ вспомогательныхъ проводовъ. Въ „Philos. Magaz.“ 1904 т. 8 Болькеръ описываетъ слѣдующее интересное явленіе. Если зарядъ производится между двумя соединенными съ полюсами индукціонной катушки проволоками, концы которыхъ находятся на такомъ разстояніи другъ отъ друга, что искры какъ разъ начинаютъ проскакивать между ними, и если у положительнаго конца искрового промежутка расположена изолированная проволока такимъ образомъ, что одинъ конецъ ея находится вблизи положительнаго электрода, а какаядь нибудь другая точка почти касается соединенной съ этимъ электродомъ проволоки, то длина искры можетъ быть значительно увеличена. Если то же самое продѣлать у отрицательнаго конца искрового промежутка, то не получается никакого дѣйствія. Наоборотъ, если изолированная проволока расположена перпендикулярно къ отрицательной проволокѣ вблизи ея конца, то искра удлиняется, притомъ особенно сильно въ томъ случаѣ, когда вспомогательная проволока не совсѣмъ касается отрицательной, а лишь находится очень близко къ ней; у положительнаго же полюса проволока, расположенная подобнымъ образомъ, никакого дѣйствія не оказываетъ. Для того, чтобы выяснитъ причину этихъ явленій. Болькеръ произвелъ слѣдующіе опыты. Между вспомогательной проволокой и положительнымъ электродомъ была вдвинута слюдяная пластинка: дѣйствіе первой оказалось вполнѣ парализованнымъ. Когда же въ слюдяной пластинкѣ были сдѣланы узкіе прорѣзы параллельно искровому пути, то удлиненіе искры было почти такъ же сильно, какъ и безъ пластинки. Изъ этого слѣдуетъ заключить, что дѣйствіе вспомогательной проволоки обусловливается не какимъ нибудь излученіемъ, а ионизированіемъ воздуха положительнымъ зарядомъ этой проволоки. При второмъ расположеніи, когда удлиненіе искры вызывалось вспомогательной проволокой, протянутой перпендикулярно къ отрицательной проволокѣ у ея конца, вдвиганіе слюдяной пластинки почти не вліяло на удлиненіе; не мѣшала ему также и вулканитовая пластинка 3 мм. толщины; такимъ образомъ въ этомъ случаѣ причиной удлиненія искры не можетъ быть ионизированіе воздуха.

Дѣйствіе давленія на электродвижущую силу газовыхъ электродовъ. Согласно термодинамической теоріи образованія гальваническаго тока потенциалъ выдѣленія газовъ стоитъ въ зависимости отъ давленія, подѣ которымъ они должны выдѣляться, а именно съ измѣненіемъ давленія въ 10 т.

разъ потенциалъ измѣняется на т. $\frac{0,0577}{n}$ влт., гдѣ

n означаетъ собой валентность молекулы газа. Для водорода и хлора $n = 2$ (такъ какъ молекулы этихъ газовъ двувалентны) и увеличеніе потенциала ихъ выдѣленія при увеличеніи давленія въ 10 разъ должно быть равно 0,0288; для кислорода, молекулы котораго состоятъ изъ двухъ двувалентныхъ атомовъ, $n = 4$ и т. д. Вульфъ занялся экспериментальной провѣркой этихъ отношеній. Прежде всего онъ произвелъ рядъ измѣреній потенциаловъ выдѣленія газовъ при разныхъ давленіяхъ по гальванометрическому методу, т. е. наблюдая изломы въ кривыхъ напряженія. Ока-

залось, что при такомъ расположеніи опыта давленіе нисколько не вліяетъ на потенциалъ выдѣленія; такъ, для водорода этотъ потенциалъ (по отношенію къ ртутному электроду въ сѣрнокислой закиси ртути и у электрода изъ платинированной платины) былъ 0,7515 вольта при 1 атмосферѣ и 0,752 влт. при 1000 атм.; для хлора 1,034 влт. при 1 атм. и 1,030 влт. при 800 атм.; для кислорода 0,722 влт. при 1 атм. и 0,721 влт. при 800 атм. Такое отступленіе отъ требованія теоріи находить себѣ объясненіе въ томъ обстоятельстве, что при опредѣленіи потенциала разложенія по гальванометрическому методу дѣло никогда вовсе не доходитъ до выдѣленія газовъ въ видѣ пузырьковъ, а ограничивается лишь разряженіемъ ионовъ, давленіе же можетъ имѣть вліяніе на свободную энергію лишь такихъ реакцій, которыя сопровождаются измѣненіемъ объема. Въ виду этого Вульфъ произвелъ еще другой рядъ опытовъ, а именно измѣрилъ электродвижущую силу различныхъ газовыхъ электродовъ при различныхъ давленіяхъ до 700 атмосферъ; при этомъ онъ, въ полномъ согласованіи съ теоріей, дѣйствительно нашелъ для двувалентныхъ газовъ (водорода, хлора) измѣненіе электродвижущей силы на 0,02875 влт. для 10-кратнаго измѣненія давленія. Слѣдуетъ отмѣтить еще слѣдующій результатъ: потенциалъ выдѣленія кислорода у никелеваго электрода былъ найденъ при 0,51 атмосферѣ = 0,432 влт., при 1 атмосферѣ = 0,4315 влт., т. е. и въ этомъ случаѣ давленіе не оказываетъ вліянія на потенциалъ выдѣленія; между тѣмъ, кислородъ у никеля выдѣляется при потенциалѣ почти на 0,3 влт., болѣе низкомъ, чѣмъ у гладкой платины. Это обстоятельство говоритъ противъ общепринятаго взгляда, согласно которому перенапряжение обусловливается замедленіемъ въ образованіи пузырьковъ газа и, по мнѣнію автора, перенапряженіе является слѣдствіемъ растворимости газа въ металлѣ электрода.

(Zt. physik. Chemic, т. 47).

О магнетизмѣ щелочныхъ металловъ. Фарадей, замѣтивъ, что небольшой кусокъ натрія отталкивается электромагнитомъ, отнесъ его къ диамагнитнымъ металламъ. Позже Лами, изслѣдуя отношеніе между магнетизмомъ и атомнымъ объемомъ, нашелъ, что вслѣдъ за первоначальнымъ отталкиваніемъ натрія наступаетъ притяженіе и что первое (отталкиваніе) вызывается индуктивнымъ дѣйствіемъ. Теперь Бернини изслѣдовалъ въ лабораторіи Ричи болѣе тщательно магнитныя свойства трехъ щелочныхъ металловъ: натрія, калия и литія, пользуясь для своихъ измѣреній очень чувствительнымъ крутильнымъ приборомъ Кюри и Шеневѣ. Измѣренія эти дали слѣдующіе результаты: 1) натрій, калий и литій принадлежатъ къ слабо парамагнитнымъ металламъ; 2) ихъ коэффициенты намагничиванія равны $0,5438 \cdot 10^{-6}$, $0,632 \cdot 10^{-6}$ и $0,3836 \cdot 10^{-5}$; 3) при повышеніи температуры эти коэффициенты уменьшаются, не показывая, впрочемъ, скачковъ при переходѣ металловъ изъ твердаго въ расплавленное состояніе.

Электропроводность бромныхъ растворовъ. В. Плотниковъ изслѣдовалъ электропроводность растворовъ различныхъ соединений въ жидкомъ бромѣ. Какъ отчасти было найдено и предшествовавшими изслѣдователями, бромистые алюминій, сѣра, мышьякъ и олово въ бромѣ тока не проводятъ, бромистая сурьма проводитъ плохо, очень же хорошо проводятъ бромные растворы комплексныхъ соединений $AlBr_3 \cdot CS_2$ и $AlBr_3 \cdot C_2H_5Br \cdot CS_2$, а особенно пятибромистаго фосфора. Интересное явленіе обнаружено въ растворахъ обѣихъ названныхъ комплексныхъ соединений бромистаго алюминія: тотчасъ послѣ взбалтыванія ихъ электропроводность сильно падаетъ, но затѣмъ вскорѣ приобретаетъ свою первоначальную величину; рѣче всего это явленіе въ

5-10% растворах; болѣе крѣпкіе растворы болѣе постоянны и при 20% получаются постоянныя величины. Явленіе это не может обусловливаться разлагающимъ дѣйствіемъ платиновыхъ электродовъ, такъ какъ оно наблюдается также и съ угольными. Молекулярная электропроводность бромныхъ растворовъ бромистой сурьмы очень сильно возрастаетъ съ увеличеніемъ концентраціи: отъ 2 ($\approx 1000 \mu$) при молекулярномъ разбавленіи 918 до 24,5 при разбавленіи 251. Молекулярная электропроводность пятибромистаго фосфора показываетъ максимумъ при концентраціи, отвѣчающей составу PBr_{25} . Вообще говоря, удѣльная электропроводность концентрированныхъ бромныхъ растворовъ, въ противоположность воднымъ, по сравненію съ разбавленными растворами, ненормально высока; между нормальными и $1/4$ -нормальными растворами наблюдается огромное паденіе электропроводности.

(Zt. physikalische Chemie, т. 48).

Коэффициенты намагничиванія жидкостей. Въ виду большихъ разногласій въ числахъ различныхъ изслѣдователей, относящихся къ коэффициентамъ намагничиванія жидкостей Мелэнъ вновь занялся этимъ вопросомъ и изслѣдовалъ 30 органическихъ жидкостей различныхъ группъ. Полученныя имъ числа (относящаяся къ единицѣ вѣса, а не объема) показываютъ одну интересную правильность: въ рядахъ гомологическихъ соединеній коэффициентъ намагничиванія возрастаетъ съ молекулярнымъ вѣсомъ, какъ видно изъ слѣдующихъ чиселъ:

Метилловый спиртъ	0,741	10^{-6}
Этиловый "	0,813	
Бутиловый "	0,815	
Изобутиловый "	0,834	
Амиловый "	0,840	
Каприловый "	0,840	

точно также:

Бензолъ	0,777
Толуолъ	0,800
Ксилолъ	0,812
Кумоль	0,813

Интересно также отмѣтить, что коэффициентъ намагничиванія смѣси равныхъ частей воды и глицерина не равенъ, а довольно значительно превышаетъ среднюю величину коэффициентовъ воды и глицерина: вода—0,79; глицеринъ—0,644; 50% глицеринъ—0,731, вмѣсто— $\frac{0,79+0,644}{2} = 0,717$.

(Comptes Rendus, 1905).

ОБЗОРЪ.

О гистерезисѣ продажныхъ сортовъ мягкой стали и о его вліяніи на методы изслѣдованія. Р. Жуостъ. Явленіе запаздыванія намагничиванія известно уже давно. Юингъ первый замѣтилъ, что въ слабомъ полѣ мягкое желѣзо не сразу принимаетъ величину намагничиванія, соответствующую магнитной силѣ. Клеменчичъ (Клеменсіс) изучалъ это явленіе надъ проволоками изъ мягкаго желѣза и изъ стали. Онъ работалъ по магнитометрическому методу и замѣтилъ отклоненіе прибора 4 сек. и 1 мин. послѣ образованія поля.

Явленіе оказалось менѣе интенсивнымъ въ тонкихъ проволокахъ, а въ толстыхъ — болѣе. Фраммъ также замѣтилъ, что измѣненіе намагничиванія, соответствующее измѣненію поля не происходитъ мгновенно. Позднѣйшія изслѣдованія Вилсона, проведенныя отклоненіемъ гальванометра, включая его лишь

изведенныя по баллистическому методу, подтвердили полученные ранѣе результаты.

Жуостъ изслѣдовалъ запаздываніе намагничиванія въ продажныхъ сортахъ стали и пользовался для этой цѣли двумя кольцами изъ мягкой стали слѣдующихъ размѣровъ:

К о л ь ц о А.

Внѣшній діаметръ	147 мм.
Внутренній діаметръ	107 "
Высота	25 "

К о л ь ц о В.

Внѣшній діаметръ	147 мм.
Внутренній діаметръ	127 "
Высота	30 "

Составъ стали былъ слѣдующій:

Углерода	0,13
Кремня	0,09
Сѣры	0,04
Марганца	0,50

Сталь была отожжена при 900° Ц.

Онъ пользовался въ своихъ изслѣдованіяхъ методомъ Вильсона, который отличается отъ обыкновеннаго баллистическаго тѣмъ, что въ немъ гальванометръ вводится въ цѣпь спустя нѣкоторое и притомъ измѣняющееся время послѣ измѣненія намагничивающаго поля. Гальванометръ, которымъ пользовался Жуостъ, былъ типа Дебрэ-Дарсонваля, построенный Шарпантье. Періодъ его двойного колебанія равнялся 8 сек. Приспособленіе, служившее для включенія въ цѣпь гальванометра состояло главнымъ образомъ изъ маятника, замыкавшаго въ определенномъ положеніи цѣпь реле, включеннаго во вторичную обмотку кольца.

Въ началѣ работы каждое кольцо два или три раза подвергалось полному циклу намагничиванія, измѣняя магнитное поле отъ + до - 90 ед. Гаусса (что соответствуетъ индукціи приблизительно на 17000 ед.). При этомъ выяснилось, что если магнитное поле внезапно уменьшить отъ его максимальной величины до 0, то спустя довольно значительное время (нѣсколько секундъ) послѣ этого измѣненія можно было замѣтить еще отклоненіе гальванометра. Такъ въ кольцо А спустя 6 сек. послѣ уничтоженія поля замѣчалось отклоненіе въ 1,5 мм., а въ кольцо В тоже черезъ 6 сек.—въ 2,7 мм.

Такимъ образомъ оказывается, что въ тонкомъ кольцѣ (В) явленіе магнитнаго запаздыванія интенсивнѣе, чѣмъ въ толстомъ (А). Указанное явленіе должно быть всецѣло приписано запаздыванію намагничиванія, а не дѣйствию наведенныхъ токовъ. Эти послѣдніе хотя и даютъ аналогичные результаты, но продолжительность явленія должна быть въ такомъ случаѣ гораздо короче. Такъ Гопкинсонъ показалъ, что запаздываніе, производимое наведенными токами для кольца равныхъ размѣровъ съ А не можетъ превысить 0,4 сек., тогда какъ въ опытахъ Жуаста оно достигало 6 сек. Опыты эти были возобновлены снова спустя 8 дней и оказалось, что интенсивность явленія значительно ослабла; такъ для кольца В оно исчезло уже черезъ 2 сек.

Если кольцо А подвергнуть циклу гистерезиса, измѣняя магнитное поле отъ + 98 до - 98 ед. Гаусса (индукція ± 1700 ед.), то оказывается, что явленіе запаздыванія становится замѣтнымъ уже при полѣ въ 3,3 ед. Гаусса, затѣмъ оно быстро возрастаетъ, достигаетъ максимальной величины при полѣ равномъ нулю, продолжаетъ возрастать послѣ измѣненія знака поля и почти исчезаетъ при полѣ въ - 8,7 ед. гаусса (индукція - 11800). На фиг. 6 представлены результаты этихъ опытовъ, полученные слѣдующимъ образомъ. Поле весьма быстро измѣняли отъ + 98 ед. гаусса до нѣкоторой меньшей положительной величины, нуля или отрицательной, а замѣ-

через нѣкоторое, различное время послѣ измѣненія поля. На оси абсциссъ отложено время, а на оси ординатъ отклоненіе, причемъ отклоненіе, наблюдаемое въ моментъ измѣненія поля принято за 100.

Опыты эти повторялись нѣсколько разъ и полученные кривыя совпадали очень хорошо.

Эти наблюдения показали, что продолжительность явления возрастала съ момента перемѣны знака поля достигая имѣ величины около — 1 Гаусса. Кроме описаннаго способа обнаруживанія запаздыванія намагничиванія, существуетъ еще слѣдующій. Быстро измѣняютъ напряженіе поля отъ максимальной величины H до нѣкоторой положительной h , причемъ

Величина поля h въ ед. Гаусса.	Измѣненія потока.		
	I Истинное.	II Произведен сразу.	III Получен. при 15 промеж.
+ 1,1	8000	7780	7650
+ 0,1	8720	8200	8300
0	10500	9600	9850
— 0,7	13700	11700	12200
+ 1,1	17850	13650	14750

Хотя числа II и III столбцовъ и разнятся другъ отъ друга, но разности не имѣютъ характера систематической ошибки, а могутъ быть скорѣе приписаны ошибкамъ наблюдения. Итакъ, можно принять, что измѣненіе потока между заданными двумя точками H и h равно суммѣ измѣненій, полученныхъ для каждаго промежутка, на который мы разбили промежутокъ $H \dots h$.

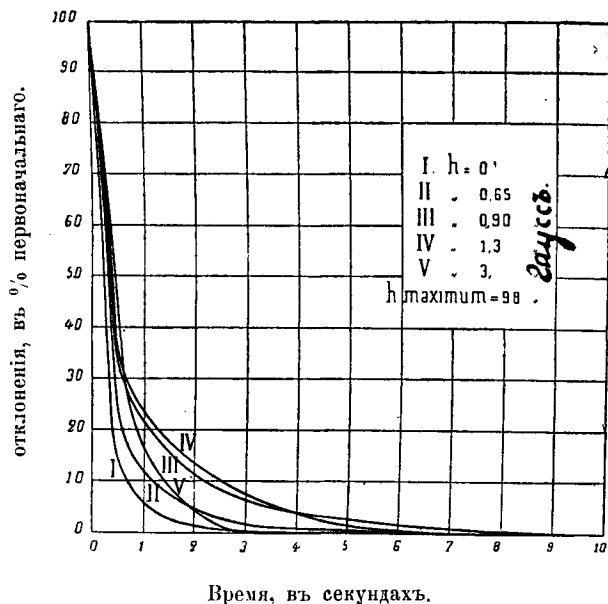
Что касается вліянія толщины колець А и В на интенсивность явления, то, кроме первыхъ опытовъ, въ болѣе толстомъ она больше, чѣмъ во второмъ. Что касается величины λ , то въ предѣлахъ для h отъ 0 до — 1,3 приблизительно, она для кольца А почти вдвое больше, чѣмъ для В, т. е. λ_A/λ_B равно почти отношенію толщинъ колець; далѣе эта зависимость нарушается, и, повидимому для низшихъ значений h , отношеніе λ_A/λ_B увеличивается, что происходитъ отъ того, вѣроятно, что при этихъ значеніяхъ h начинаютъ играть роль наведенные токи и кроме того, что продолжительность явления становится очень малой сравнительно съ періодомъ колебанія баллистической системы, вслѣдствіе чего нельзя производить достаточно точныхъ измѣреній. Указанное явление запаздыванія намагничиванія наблюдается въ большей или меньшей степени во всѣхъ сортахъ мягкой продажной стали, и особенно въ кускахъ значительной толщины. Въ листовомъ желѣзѣ, наоборотъ—оно мало замѣтно и можетъ быть обнаружено особенно чувствительными методами, и притомъ въ нѣкоторыхъ лишь точкахъ кривой гистерезиса. Во всѣхъ ферромагнитныхъ тѣлахъ явление наблюдается въ большей или меньшей степени. Въ частности Жуостъ наблюдалъ его въ чугунномъ кольцѣ въ 2 см. толщиной и оно оказалось довольно сильнымъ. Что касается дѣйствія, производимаго перемѣннымъ токомъ, то по опытамъ Жуоста оказалось, что на описанное явление, на магнитную „вязкость“ желѣза онъ вліянія не оказываетъ.

Посмотримъ теперь, какъ вліяютъ всѣ вышеописанныя явления на самые методы измѣреній. Баллистические методы, служащіе для изслѣдованія гистерезиса, могутъ быть раздѣлены на двѣ главныя группы.

Самый старый методъ,—это методъ Роуланда. Стоитъ онъ въ томъ, что измѣненія поля производятъ скачками, начиная съ нѣкотораго максимума, и по показаніямъ гальванометра вычисляютъ измѣненіе потока, соответствующее каждому такому скачку. Сумма этихъ измѣненій позволяеть узнать общее измѣненіе потока, если магнитное поле переходитъ отъ одного максимума къ другому.

Другой методъ, изобрѣтенный Юингомъ и Еленой Классень, состоитъ въ томъ, что послѣ каждаго измѣненія, намагничивающее поле доводится до своей максимальной величины и опредѣляется измѣненіе потока, происходящее при измѣненіи поля отъ этой максимальной величины до другой меньшей. Этимъ-то именно способомъ и пользовался Жуостъ во всѣхъ своихъ изслѣдованіяхъ въ данной области на фиг. 7 представлено схематически расположеніе его приборовъ.

Часто вмѣсто того, чтобы описывать циклъ гистерезиса, описываютъ теоретическую кривую намагничиванія, что достигается тѣмъ, что испытуемый кусокъ металла подвергаютъ послѣдовательнымъ цикламъ гистерезиса возрастающей амплитуды и записываютъ для каждаго изъ нихъ измѣненіе потока. Для



Фиг. 6.

$h < H$, и замѣчаютъ отклоненіе гальванометра δ , причемъ δ меньше того отклоненія, которое должно быть при данномъ измѣненіи поля. Если теперь, выждавъ нѣсколько времени, измѣнить поле отъ h до $-H$, то получаютъ отклоненіе δ_2 такое, что $\delta + \delta_2$ будетъ меньше отклоненія Δ , соответствующаго измѣненію поля отъ $+H$ до $-H$. Но если снова усилить поле отъ h до $+H$ (гдѣ H будетъ соответствовать насыщенію), и замѣтитъ отклоненіе δ_1 , то $\delta_1 + \delta_2 = \Delta$, откуда видно, что величина

$$\lambda = \frac{\delta - \delta_2}{\delta}$$

можетъ служить мѣрой запаздыванія намагничиванія для данной точки. До сихъ поръ мы предполагали, что измѣненіе поля отъ величины H до h , гдѣ $h > 0$ и $< H$ производилось сразу, посмотримъ же теперь, что будетъ происходить, если мы будемъ это измѣненіе производить такъ сказать скачками. Въ слѣдующей таблицѣ приведены результаты, полученные Жуостомъ, причемъ въ 1 столбцѣ находятся измѣненія потока истинныя, во 2—полученныя изъ наблюдения отклоненій въ баллистическомъ гальванометрѣ и произведенныя сразу, а въ 3 находятся измѣненія, полученныя при пятнадцати промежуткахъ. Максимальная величина поля была въ обоихъ случаяхъ 98 ед. Гаусса.

металловъ, въ которыхъ явленіе магнитной „вязкости“ не особенно интенсивно, годятся оба метода, конечно, при условіи не ограничиваться однимъ лишь измѣреніемъ. Въ этомъ же случаѣ (при одномъ измѣреніи) первый методъ даетъ совершенно искаженные результаты, тогда какъ во второмъ ошибка от-

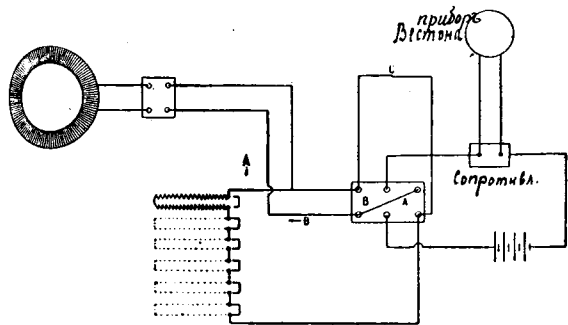


Схема установки для изучения влияния гистерезиса на способы измѣренія.

Фиг. 7.

носитъ только къ одной точкѣ цикла. При повторныхъ же измѣреніяхъ и первый методъ, какъ показали опыты Жуоста, даетъ весьма удовлетворительные результаты.

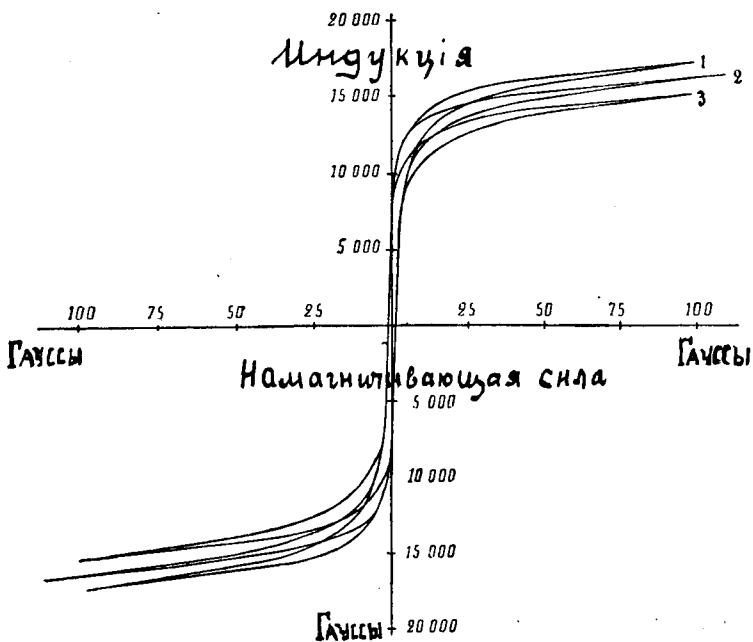
поля соответствующаго насыщению, то результаты получаются болѣе точные. На фиг. 8 изображены кривыя гистерезиса, полученные съ кольцами А и В различными методами. Кривая 1 соответствуетъ кольцу А и получена измѣненнымъ методомъ Юинга, кривая 2—кольцу В и получена по методу Роуланда и кривая 3—кольцу А и получена по методу Роуланда.

Кривыя эти показываютъ, что по способу Юинга для изслѣдуемой стали получалась индукція 17000 единицъ при намагничивающей силѣ въ 98 единицъ Гаусса, тогда какъ по методу Роуланда, для того же кольца А получена индукція 14900, т. е. ошибка достигаетъ 15%.

Для кольца же В, въ которомъ явленіе менѣе интенсивно, тотъ же методъ даетъ для индукціи величину 16000, т. е. ошибка не больше 6%.

Еще болѣе точные результаты даетъ методъ Юинга, если въ немъ производить отсчетъ показаній гальванометра, возвращаясь къ максимуму намагничивающей силы. Это видоизмѣненіе метода даетъ очень хорошіе результаты, какъ показали опыты Жуоста и, по его мнѣнію, оно можетъ особенно служить для изучения особенностей литой стали, такъ какъ въ этомъ случаѣ легче приготовить толстую отливку, чѣмъ тонкую, а методъ Юинга удобнѣе примѣнять къ первымъ.

(Bull. de la Soc. Int. d. El.).



Фиг. 8. Кривыя гистерезиса, полученные различными способами.

Второй методъ имѣетъ то неудобство, что во-первыхъ, требуетъ болѣе сложной установки, а во-вторыхъ, постоянного измѣненія чувствительности гальванометра. Дѣло въ томъ, что токъ, необходимый для получения максимальнаго поля, проходя по цепи слишкомъ долгое время, нагреваетъ проводники и такимъ образомъ получается ошибка, трудно поддающаяся учету.

Но въ то время, какъ для металловъ, въ которыхъ рассмотрѣнное явленіе слабо, годятся оба метода, для другой категоріи ихъ ни одинъ методъ не даетъ точныхъ результатовъ. Но если примѣнять методъ Юинга къ цикламъ, описаннымъ между значеніями

БИБЛИОГРАФІЯ.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen. Herausgegeben von Dr. Benischke. Heft 5.

Die asynchronen Drehstrommotoren; ihre Wirkungsweise, Prüfung und Berechnung. Von Dr. G. Benischke. Mit 2 farb. Tab. und 112 Abbild. Braunschweig. Dr. u. V. v. Fr. Vieweg und Sohn. 1904. М. 5.50. 172 стр. въ 8 д. л.

Густавъ Бенишке. Асинхронные двигатели. Ихъ дѣйствіе, испытаніе, расчетъ. Брауншвейгъ, 1904. II. 5.50 мар. (=2,25 рб.).

Благодаря повсеместному в настоящее время распространению асинхронных, именно трехфазных электродвигателей, естественно возникает потребность в такого рода руководствах по этому предмету, которые, не требуя от инженера, неспециалиста по электротехнике, больших теоретических познаний—тѣм не менѣе вполне строго и научно освѣщали бы тѣ принципы, на которых основано дѣйствіе и регулирование этихъ двигателей.

Эта нелегкая задача выполнена Г. Бенишке в разбираемой книжкѣ очень удачно.

Представляя изъ себя 5-й выпускъ издаваемой авторомъ „Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen“, она обладаетъ всѣми достоинствами, присущими и другимъ выпускамъ этой бібліотеки: достоинства эти—несомнѣнная послѣдовательность и легкость изложения при всесторонности изслѣдованія.

Опираясь на небольшое число строго доказанныхъ теоретическихъ положеній, авторъ на 165 страницахъ даетъ полную теорію, конструкцію и расчетъ асинхронныхъ двигателей, не упуская ни одного важнаго факта и не проходя мимо ни одного изъ вопросовъ, выдвигаемыхъ повседневной практикой.

Напомнивъ читателю объ общеизвестныхъ соотношеніяхъ, характеризующихъ магнитный потокъ и индуцируемую имъ электродвижущую силу, авторъ переходитъ къ понятію о вращающемся магнитномъ полѣ и о способахъ его получения при помощи системъ двухфазныхъ и трехфазныхъ токовъ.

Дальнѣйшія соотношенія между вращающимъ моментомъ двигателя и скольженіемъ выводятся не изъ законовъ электрическихъ взаимодействій, но изъ принципа сохранения энергіи, что значительно упрощаетъ дѣло.

Очень важными для практиковъ являются главы VIII и IX, посвященныя вопросу о вліяніи сопротивленія ротора на начальный вращающій моментъ двигателя, о максимальной мощности двигателей, а также о способностяхъ асинхронныхъ двигателей выдерживать перегрузку. Здѣсь же дается предварительное понятіе о якоряхъ съ короткозамкнутой и фазной обмоткой, о включеніи добавочныхъ сопротивленій для повышенія тягового усилія при пускѣ въ ходъ; затѣмъ коснувшись того вліянія, которое имѣютъ на вращающій моментъ гистерезисъ и паразитные токи, авторъ подробно разбираетъ различныя кривыя, характеризующія графически двигатель въ томъ или иномъ отношеніи.

Главы 13 и 14 трактуютъ объ обмоткахъ. Согласно правильно понятой основной задачѣ, авторъ коснулся ихъ постольку, поскольку это необходимо для лицъ, имѣющихъ дѣло съ эксплуатацией двигателей, но отнюдь не конструкторовъ. Отъ короткозамкнутыхъ, пластинчатыхъ авторъ переходитъ къ описанію волно- и зигзагообразныхъ обмотокъ, причемъ почти каждая схема сопровождается соответственными изображениями исполненныхъ въ натурѣ.

Здѣсь можно не совсѣмъ согласиться съ мнѣніемъ автора, что примѣненіе короткозамкнутой обмотки ограничено якорями весьма малыхъ двигателей. Наоборотъ, въ самое послѣднее время, благодаря сравнительной дороговизнѣ фазныхъ обмотокъ, проявляется ярко выраженная тенденція примѣнять короткозамкнутый якорь вездѣ, гдѣ только вращающій моментъ остается болѣе или менѣе постояннымъ.

Главы 15—24 посвящены такъ называемой круговой діаграммѣ, предложенной въ 1895 г. Гейландомъ. Діаграмма эта, примѣняемая даже на нашихъ русскихъ заводахъ, и почему-то невошедшая въ наши доморощенные учебники, основана, какъ извѣстно, на томъ, что всякій индукционный двигатель можетъ быть рассматриваемъ, какъ трансформаторъ съ той или другой нагрузкой вторичной обмотки.

Исходя изъ этого, при помощи самыхъ простыхъ построеній (аналогичныхъ діаграммамъ трансформаторовъ) оказывается возможнымъ опредѣлить софривъ и всѣ другія величины, характеризующія данный двигатель.

Какъ извѣстно, регулирование асинхронныхъ двигателей можетъ преслѣдовать три цѣли: или 1) развитія наибольшаго момента при пускѣ въ ходъ, или 2) возможное уменьшеніе расхода тока, ибо при небольшой центральной станціи сильный начальный токъ, въ нѣсколько разъ превышающій нормальный, можетъ вызвать значительное колебаніе напряженія или 3) предотвращеніе повышенія напряженія при выключеніи сильныхъ двигателей. Всѣ эти случаи у Бенишке достаточно подробно разобраны, причемъ не забыты и центробѣжные выключатели добавочныхъ сопротивленій и переключеніе обмотки ротора съ треугольника на звѣзду, примѣняемое Шуккертомъ.

Говоря о регулированіи числа оборотовъ, авторъ останавливается также и на каскадномъ соединеніи двигателей, примѣняемомъ въ трамваяхъ и прокатныхъ станкахъ.

Главы 26 и 27 разбираютъ работу асинхроннаго двигателя въ качествѣ тормазы и генератора тока, а 26—29 посвящены методамъ для испытанія асинхронныхъ двигателей и различныхъ потерь въ нихъ, причемъ стоить упомянуть о предложенномъ авторомъ и вошедшемъ теперь въ практику методѣ измѣренія скольженія при помощи стробоскопа.

Въ остальной части книги—посвященной расчету двигателей—авторъ, пользуясь конкретнымъ примѣромъ, послѣдовательно повѣряетъ всѣ размѣры и опредѣляетъ всѣ величины, характеризующія данный двигатель въ электрическомъ и механическомъ отношеніяхъ. Подобный методъ заслуживаетъ тѣмъ большаго вниманія, что при всякомъ конструированіи, приступая къ проекту, приходится имѣть подъ руками основныя размѣры уже исполненныхъ двигателей и опираться на существующіе типы.

Заканчивая обзоръ этой книжки, нельзя не обратить вниманія на то, что всѣ выводы, діаграммы и построения относятся одинаково, какъ къ двухфазнымъ такъ и трехфазнымъ двигателямъ. Благодаря этому отсутствію сколько нибудь рѣзкихъ разграниченій, теоретическая часть пріобрѣтаетъ большую общность, но за то „индивидуальныя“, если можно такъ выразиться, особенноты обѣихъ системъ остаются читателю неизвѣстными.

Резюмируя все сказанное, нельзя не посовѣтовать самымъ настойчивымъ образомъ эту изящно и сравнительно недорого изданную книжку всякому, кто пожелалъ бы основательно познакомиться съ теоріей и устройствомъ асинхроннаго двигателя—этого столь сложнаго теоретически и столь простаго по конструкціи—орудія современной электротехники.

I. Г. Тр—ій.

НОВЫЯ ИЗДАНИЯ.

Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. Heft 4. **Die Physikalischen Eigenschaften der Seen.** Von Dr. Otto Freiherr von und zu **Aufsess.** Mit 36 eingedruckten Abbildungen. Braunschweig. Druck u. Verlag von Fr. Vieweg und Sohn. 1905. Preis M. 3. 120 стр. въ 8 д. л.

Technische Abhandlungen aus Wissenschaft und Praxis. Herausgegeben von Siegfried Herzog, Ingenieur. Zürich. Verlag von Abb. Raustein. 1905. Neuntes Heft. **Die Dampfturbinen.** Von Dr. F. **Nihammer.** Mit 135 Abbildungen. Preis M. 5.40. 123 стр. въ 8 д. л.

Zehntes Heft. **Die Fabrication von Starkstromkabeln.** Von J. **Schmidt.** Mit 83 Abbildungen. Preis M. 4. 116 стр. въ 8 д. л.

Elftes Heft. **Die elektromagnetische Wellentelegraphie.** Von Theodor **Kittl.** Mit 165 Abbildungen. Preis M. 5.40. 155 стр. въ 8 д. л.