

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

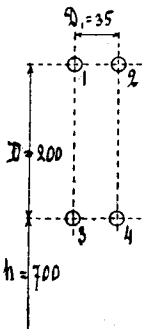
Расчетъ и цѣлесообразное распредѣленіе проводовъ воздушныхъ параллельныхъ линий переменнаго тока.

Статья инженера Г. П. Марковича.
(Продолженіе *).

Разсмотримъ теперь однофазныя линии, когда онѣ состоятъ изъ нѣсколькихъ проводовъ, напримеръ:

3) однофазная линия, состоящая изъ четырехъ проводовъ, которые соединяются по два параллельно на фазу. Въ данномъ случаѣ провода могутъ быть распредѣлены двояко: во-первыхъ провода, одной фазы соединяются въ группы; во-вторыхъ, провода разныхъ фазъ смѣшиваются. Разсмотримъ, которая изъ этихъ двухъ системъ даетъ намъ меньшій коэффициентъ индукціи. Начнемъ съ распредѣленія, гдѣ

а) провода одной фазы соединяются въ одну группу, какъ это указано на фигурѣ 1, гдѣ параллельно соединенные



Фиг. 1.

провода одной фазы обозначены черезъ 1 и 2, а другой фазы черезъ 3 и 4. D_1 въ см. обозначаетъ разстояніе между проводами одной фазы, а D въ см. разстояніе между проводами 1 и 3 или же 2 и 4 разныхъ фазъ. Предположимъ, что провода 1 и 2 передаютъ

одинаковые токи i_1 , а провода 3 и 4 токи i_2 и что провода одинаковые—радіуса r см.

Въ данномъ случаѣ, кромѣ коэффициентовъ самоиндукціи и взаимнойиндукціи, нужно еще принять во вниманіе и коэффициентъ взаимнойиндукціи L_p параллельно соединенныхъ проводовъ.

Магнитный потокъ Φ_1 , съ которымъ связанъ проводъ 1, выражается такъ:

$$\Phi_1 = L_{s,1} i_1 + L_{p,2} i_2 + L_{m,3} i_3 + L_{m,4} i_4.$$

Вслѣдствіе основнаго свойства однофазной линии $i_1 = i_2 = -i_3 = -i_4 = i$, слѣдовательно

$$\Phi_1 = i (L_{s,1} + L_{p,2}) - i (L_{m,3} + L_{m,4}) = L_1 i.$$

Коэффициентъ индукціи провода 1 будетъ

$$L_1 = (L_{s,1} + L_{p,2}) - (L_{m,3} + L_{m,4}).$$

Изъ этихъ уравненій вытекаетъ, что параллельные токи одного и того же направленія слагаютъ свои магнитныя поля.

Подставляя въ послѣднемъ уравненіи, для

$$L_{s,1} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{r} - 1,5 \right] \text{ генри на 1 км.}$$

$$L_{p,2} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{D_1} - 2 \right] \text{ » »}$$

$$L_{m,3} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{D} - 2 \right] \text{ » »}$$

$$L_{m,4} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{\sqrt{D^2 + D_1^2}} - 2 \right] \text{ » »}$$

получимъ

$$L_1 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \left(\frac{D}{r} \cdot \frac{\sqrt{D^2 + D_1^2}}{D_1} \right) + 0,5 \right] \text{ генри на 1 км.}$$

Замѣтимъ здѣсь, что при небольшой величинѣ D_1 въ сравненіи съ D , $L_{m,3}$ равняется почти $L_{m,4}$, такъ что можно написать:

$$L_1 = L_{s,1} + L_{p,2} + 2 L_m.$$

Точно такое же уравненіе получимъ и для коэффициента индукціи остальныхъ проводовъ.

Кажущееся сопротивление двухъ параллельно соединенныхъ проводовъ одной фазы будетъ

* См. „Э-во“, 1905 г. № 18, стр. 1.

$Z = \frac{1}{2} \sqrt{R^2 + (2\pi \cdot 50)^2 [(L_{s,1} + L_{p,2}) - (L_{m,3} + L_{m,4})]^2}$

Кажущееся сопротивление второй фазы будетъ

$$Z_2 = \frac{1}{2} \sqrt{R_2^2 + (2\pi\omega)^2 [(L_{s,3} + L_{p,4}) - (L_{m,1} + L_{m,2})]^2}$$

гдѣ R_1 и R_2 представляютъ омическое сопротивление на 1 км. каждаго изъ параллельно соединенныхъ проводовъ. Потеря напряжения вдоль линии на 1 км. будетъ

$$V_{1-2} = J(Z_1 + Z_2).$$

Для случая въ, гдѣ провода одинаковые, падение напряжения на 1 км. выразится

$$V_{1-2} = J \sqrt{R_1^2 + (2\pi\omega)^2 \left[\frac{1}{10^4} \left(4,6 \lg \frac{D}{r} \sqrt{\frac{D^2 + D_1^2}{D_1}} + 0,5 \right) \right]^2} \text{ вольтъ.}$$

Какъ видно, этотъ способъ вычисления коэффициента индукции при помощи самоиндукции и взаимной индукции позволяетъ опредѣлить отдѣльно въ каждой фазѣ падение напряжения, какъ это требуется, напримѣръ, для электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, гдѣ провода 1 и 2 могутъ представлять рабочіе провода, а провода 3 и 4 другой фазы—рельсы.

Примѣръ. Предположимъ, что $D_1 = 35$ см., $D = 200$ см. а радиусъ проводовъ $r = 0,33$ см., тогда коэффициентъ индукции одного провода, напримѣръ, обозначеннаго черезъ 1, будетъ

$$L_1 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{200}{0,33} \sqrt{\frac{200^2 + 35^2}{35}} + 0,5 \right] = 0,00168 \text{ генри на 1 км.}$$

Для повѣрки этотъ коэффициентъ можно вычислить и изъ формулы:

$$L_1 = L_{s,1} + L_{p,2} - 2 L_{m,3} = 0,00251 + 0,00153 - 2 \cdot 0,00118 = 0,00168 \text{ генри.}$$

Коэффициентъ индукции на фазу, т. е. двухъ параллельно соединенныхъ проводовъ, равняется

$$L_{1-2} = \frac{1}{2} L_1 = 0,00084 \text{ генри на 1 км.}$$

а коэффициентъ индукции разсматриваемой однофазной линии равняется коэффициенту индукции одного провода.

При 25 периодахъ въ секунду индуктивное сопротивление одного провода будетъ:

$$\omega L_1 = 6,28 \cdot 25 \cdot 0,00168 = 0,264 \text{ омъ на 1 км.}$$

Если передаваемый токъ равняется 33 амперамъ, то падение напряжения вдоль данной однофазной линии будетъ

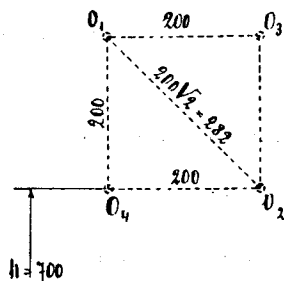
$$V_{1-2} = J \sqrt{R^2 + (\omega L_1)^2} = 33 \sqrt{0,51^2 + 0,264^2} = 18,94 \text{ вольтъ на 1 км.}$$

а падение напряжения вдоль проводовъ одной фазы будетъ половина отъ 18,94 вольтъ, т. е. 9,47 вольтъ на 1 км.

Разсмотримъ теперь распределение, гдѣ

б) провода разныхъ фазъ

ваются. Предположимъ, что провода распределены на углахъ квадрата такъ, чтобы параллельно соединенные провода одной фазы находились на концахъ диагоналей; разстояние между проводами указано на фиг. 2, а радиусы прово-



Фиг. 2.

довъ одинаковы $r = 0,33$ см.; $D = 200$ см.—длина стороны квадрата.

Въ данномъ случаѣ коэффициентъ индукции провода 1 вычисляется также по указанной формулѣ

$$L_1 = (L_{s,1} + L_{p,2}) - (L_{m,3} + L_{m,4})^*.$$

Подставляя для $L_{s,1}$, $L_{p,2}$, $L_{m,3}$ и $L_{m,4}$ соответствующія величины, получимъ для

$$L_1 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{200}{0,33} \sqrt{\frac{200^2}{2}} + 0,5 \right] = 0,00126 \text{ генри на 1 км.}$$

и мы видимъ, что при смѣшиваніи проводовъ разныхъ фазъ коэффициентъ L_1 уменьшился.

Индуктивное сопротивление одного провода будетъ

$$\omega L_1 = 157 \cdot 0,00126 = 0,198 \text{ омъ на 1 км.}$$

Падение напряжения вдоль приведенной однофазной линии равняется

$$V_{1-2} = 33 \sqrt{0,51^2 + 0,198^2} = 18,0 \text{ влт. на 1 км}$$

и оно стало меньше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

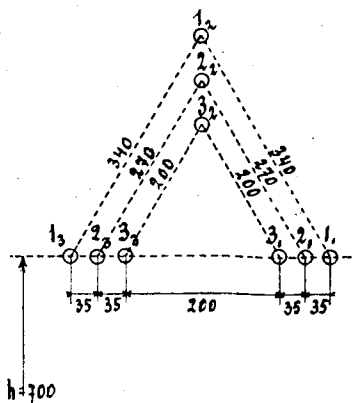
Для того, чтобы вывести слѣдующія заключенія относительно распределения проводовъ въ однофазныхъ линияхъ, разсмотримъ еще

4) однофазную линию, состоящую изъ шести проводовъ, причемъ по три провода соединяются параллельно на фазу. Начнемъ съ распределения, гдѣ

а) однородные провода одной фазы соединяются въ отдѣльныя группы, какъ это указано на фиг. 6, гдѣ параллельно соединенные провода одной фазы находятся рядомъ и обозначены черезъ 1, 2, и 3, а дру-

* При дальнѣйшихъ вычисленіяхъ коэффициента индукции мы не будемъ больше выводить отдѣльныя формулы, а прямо указывать на результаты примѣ-

гой фазы через 1_2 , 2_2 и 3_2 . Расстояние между проводами указано на Фиг. 3, провода одинакового размера, радиусъ, какъ и прежде, $r=0,33$ см.



Фиг. 3.

Кoeffициентъ индукции провода 1_1 вычисляется по вышеприведеннымъ правиламъ, а именно

$$L_1 = (L'_{s,1} + L'_{p,2} + L'_{p,3}) - (L''_{m,1} + L''_{m,2} + L''_{m,3})$$

или подставляя для L_s , L_p и L_m соответствующія величины, получимъ для

$$L_1 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{270}{0,33} \frac{305}{35} \frac{340}{70} + 0,5 \right] = 0,00215 \text{ генри на 1 км.}$$

$$L_2 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{235}{0,33} \frac{270}{35} \frac{305}{35} + 0,5 \right] = 0,00220 \text{ генри на 1 км.}$$

$$L_3 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{200}{0,33} \frac{235}{35} \frac{270}{70} + 0,5 \right] = 0,00198 \text{ генри на 1 км.}$$

Изъ этого становится яснымъ, что кoeffициенты индукции проводовъ одной фазы различны, и этотъ фактъ можетъ быть выясненъ слѣдующимъ образомъ.

Сравнивая кoeffициенты индукции одного и того же провода между собою (смотри нижеприведенную таблицу), когда онъ принадлежитъ; во-первыхъ, однофазной лини съ двумя проводами, по одному на фазу, $L_1=0,00133$ генри на 1 км.; во-вторыхъ, однофазной лини съ 4 проводами, по 2 на фазу, $L_1=0,00168$ генри на 1 км.; и, наконецъ, когда онъ принадлежитъ однофазной лини съ 6 проводами, по 3 на фазу,

$$L_1 = \frac{0,00215 + 0,00220 + 0,00198}{3} = 0,00211 \text{ генри на 1 км.,}$$

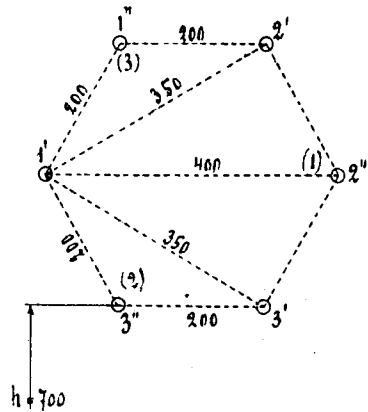
мы можемъ замѣтить, что для случая, когда однородные провода одной фазы соединяются въ группы, можно вывести, что съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ одновременно и

дукции провода возрастаетъ. Изъ этого слѣдуетъ, что однородные провода одной фазы проявляютъ магнитныя вліянія другъ на друга.

Кoeffициентъ индукции на фазу и кoeffициентъ индукции (приблизительно) рассматриваемой однофазной лини указаны въ нижеприведенной таблицѣ.

Рассмотримъ теперь случай, гдѣ

б) провода разныхъ фазъ смѣшиваются. Предположимъ, что провода распределяются на углахъ равносторонняго шестиугольника такъ, что рядомъ съ проводомъ одной фазы находится проводъ другой фазы, какъ это указано на фиг. 4, гдѣ параллельно соединен-



Фиг. 4.

ные провода одной фазы обозначены черезъ $1'$, $2'$ и $3'$, параллельно соединенные провода другой фазы черезъ $1''$, $2''$ и $3''$. Расстояние между проводами указано на фигурѣ, длина стороны шестиугольника равняется $D=200$ см.

Въ данномъ случаѣ кoeffициенты индукции проводовъ одинаковы и равняются каждый:

$$L_1 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{100}{0,33} \frac{200}{350} \frac{400}{350} + 0,5 \right] = 0,00144 \text{ генри на 1 км.}$$

Сравнивая теперь кoeffициентъ индукции одного и того же провода, когда онъ принадлежитъ однофазной лини съ двумя проводами, по одному на фазу, $L_1=0,00133$ генри на 1 км., потомъ когда онъ принадлежитъ однофазной лини съ 4 проводами, по 2 на фазу, $L_1=0,00126$ генри на 1 км., и наконецъ, когда онъ принадлежитъ однофазной лини съ 6 проводами, по 3 на фазу $L_1=0,0014$ генри на 1 км., то для случая, когда провода разныхъ фазъ смѣшиваются, можно вывести, что съ увеличеніемъ числа параллельно соединенныхъ проводовъ одновременно и кoeffициентъ индукции провода уменьшается, какъ это видно въ приведенной таблицѣ. Изъ этого слѣдуетъ, что

дѣйствию размагничиванія другъ на друга.

Отсюда можно вывести правило для практики:

Провода однофазныхъ линій должны быть такъ распредѣлены, чтобы провода разныхъ фазъ смѣшивались

и помѣшались по возможности симметрически другъ къ другу, напр., на углахъ равностороннихъ многоугольниковъ, но никоимъ образомъ не такъ, чтобы однородные провода одной фазы соединялись въ группы.

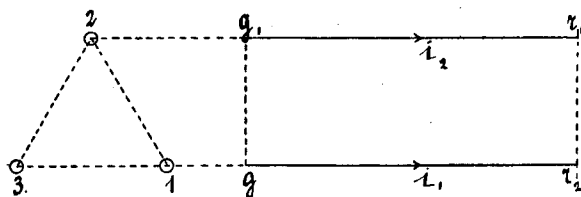
Система линій переменнаго тока.	Число проводовъ въ линіи.	Число параллельн. проводковъ на фазу.	Коефф. индукціи провода въ генри на 1 клм.	Коефф. индукціи на фазу въ генри на 1 клм.	Коефф. индукціи однофазной линіи въ генри на 1 клм.
Однофазныя линіи.	2	1	0,00133	0,00133	0,00266
	4	2	0,00168	0,00084	0,00168
	4	2	0,00126	0,00063	0,00126
	6	3	0,00211	0,00070	0,00140
	6	3	0,00114	0,00038	0,00076

ПРИМѢЧАНІЕ.

Однородные провода соединены въ группы. Провода разн. фазъ смѣшиваются. Однородные провода соединены въ группы. Провода разн. фазъ смѣшиваются.

Что касается двухфазныхъ линій, то мы ихъ не будемъ подвергать разсмотрѣнію, такъ какъ эта система въ послѣднее время почти не применяется на практикѣ для передачи электрической энергии на большія расстоянія.

между осями проводовъ 1 и 2. Этотъ магнитный потокъ является равнодѣйствующимъ трехъ



Фиг. 5.

Приступимъ къ разсмотрѣнію.

II) Трехфазныхъ линій. Когда трехфазная линія состоитъ только изъ трехъ проводовъ, по одному на фазу, то провода можно симметрически распредѣлить, напримѣръ, поставить ихъ на углахъ равносторонняго треугольника или же провода можно несимметрически распредѣлить, напримѣръ, въ одну линію. Разсмотримъ въ слѣдующемъ, какія преимущества и какіе недостатки проявляютъ каждая изъ этихъ системъ. Начнемъ съ

магнитныхъ потоковъ, а именно потоковъ Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 , развиваемыхъ токами i_1 , i_2 и i_3 въ указанномъ пространствѣ. Магнитный потокъ, развиваемый токомъ i_3 въ сказанномъ пространствѣ, равняется нулю, такъ какъ величина

$$\Phi_3 = 2 i_3 \log \frac{D}{D} = 0.$$

1) симметрической трехфазной линіи, состоящей изъ трехъ проводовъ по одному на фазу, которые распредѣлены на углахъ равносторонняго треугольника, какъ это указано на фиг. 5, гдѣ D въ см. представляетъ длину стороны треугольника. Предположимъ, что всѣ провода одинаковаго радіуса — r см., и что въ данный моментъ t токи, протекающіе по проводамъ, равняются i_1 , i_2 и i_3 .

Слѣдовательно, магнитный потокъ Φ равняется въ данный моментъ t алгебраической суммѣ магнитныхъ потоковъ Φ_1 и Φ_2 , и можно написать слѣдующее уравненіе:

$$\Phi_{1-2} = \Phi_1 - \Phi_2 = L_1 i_1 - L_2 i_2.$$

а) Вычислимъ паденіе напряженія по первому методу, исходя изъ магнитнаго потока, производимаго въ пространствѣ между осями двухъ проводовъ. Для электрической цепи gg, rr , должно имѣть мѣсто въ каждый моментъ слѣдующее уравненіе:

Подставляя для Φ_1 и Φ_2 соотвѣтствующія величины, которыя нами были раньше выведены, находимъ:

$$\Phi_{1-2} = i_1 \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{1}{10^4} - i_2 \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{1}{10^4}.$$

Электродвижущая сила индукціи $e_{s, 1-2}$, вызванная измѣненіемъ магнитнаго потока Φ_{1-2} равняется

$$e_{s, 1-2} = - \frac{d\Phi_{1-2}}{dt} = - \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right] \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right] \frac{di_2}{dt}.$$

гдѣ e_1 и e_2 суть напряженія въ данный моментъ у концовъ линіи, длиною въ 1 клм., а Φ магнитный потокъ, развиваемый въ пространствѣ

Напряжение $v_{s_{1-2}}$, уравнивающее эту электродвижущую силу индукции, должно быть равно, но обратного знака силы, этой электродвижущей следовательно

$$v_{s_{1-2}} = \frac{I}{10^4} \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{di_1}{dt} - \frac{I}{10^4} \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{di_2}{dt}.$$

Предположим, что токи синусоидальны, тогда должно существовать следующее соотношение:

$$i_1 = I_1 \sin \omega t, \quad i_2 = I_2 \sin (\omega t - 120^\circ) \quad \text{и} \quad i_3 = I_3 \sin (\omega t - 240^\circ).$$

Дифференцируя и подставляя эти дифференциалы в последнее уравнение, получим:

$$v_{s_{1-2}} = \omega I_1 \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{I}{10^4} \cos \omega t - \omega I_2 \left(4,6 \log \frac{D}{r} + 0,5 \right) \frac{I}{10^4} \cos (\omega t - 120^\circ).$$

Напряжение, идущее на преодоление омического сопротивления проводов 1 и 2, равняется

$$v_{r_{1-2}} = R_1 I_1 \sin \omega t - R_2 I_2 \sin (\omega t - 120^\circ),$$

где R_1 и R_2 омическое сопротивление проводов 1 и 2 на 1 км.

Для того, чтобы токи i_1 и i_2 могли протекать по проводам 1 и 2, нужно приложить напряжение v_{1-2} , которое выражается в данный момент t :

$$v_{1-2} = I_1 R_1 \sin \omega t - I_2 R_2 \sin (\omega t - 120^\circ) + \omega L I_1 \cos \omega t - \omega L I_2 \cos (\omega t - 240^\circ).$$

Но напряжение v_{1-2} ничто иное, как падение напряжения на 1 км. вдоль проводов 1 и 2 рассматриваемой трехфазной линии в данный момент t . Следовательно векторное уравнение падения напряжения будет:

$$V_{1-2} \triangleq J_1 R_1 - J_2 R_2 + \omega L J'_1 - \omega L J'_2.$$

Графическое вычисление падения напряжения мы укажем на примѣрѣ.

Примѣръ. Предположим, что сторона треугольника равняется $D=200$ см. и что радиус проводов остается тот же, какъ и раньше $r=0,32$ см.; тогда омовое сопротивление одного провода будетъ $R_1=R_2=0,51$ ома на 1 км., а его коэффициентъ индукции

$$L_1=L_2=L=0,00133 \text{ генри на 1 км.}$$

При 25 периодахъ въ секунду, индуктивное сопротивление одного провода равняется

$$\omega L = 6,28 \cdot 25 \cdot 0,00133 = 0,2088 \text{ ома на 1 км.}$$

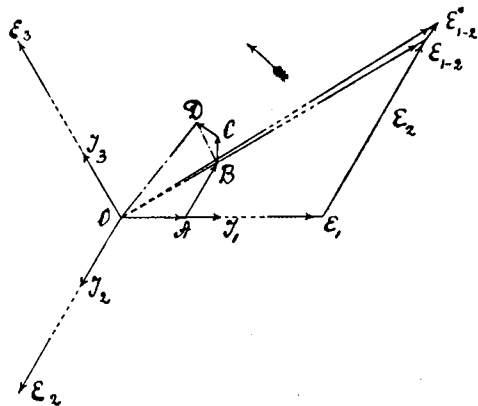
Векторное уравнение падения напряжения на 1 км. выразитъ тогда:

$$v_{1-2} \triangleq 0,51 J_1 - 0,51 J_2 + 0,2088 J'_1 - 0,2088 J'_2$$

а мгновенная величина падения напряжения будетъ:

$$v_{1-2} = 0,51 I_1 \sin \omega t - 0,51 I_2 \sin (\omega t - 120^\circ) + 0,2088 I_1 \cos \omega t - 0,2088 I_2 \cos (\omega t - 120^\circ).$$

Графическое построение вектора напряжения указано на фиг. 6, гдѣ OJ_1 , OJ_2 и OJ_3 представляютъ векторы тока, предполагая, что передаваемый токъ равенъ $J_1=J_2=J_3=33$ амперъ. Векторъ $R_1 J_1 = 0,51 J_1 = 0,51 \cdot 33 = 16,83$ вольтъ = 16,83 мм. = OA нанесенъ на векторѣ тока OJ_1 , векторъ $R_2 J_2 = 16,83$ вольтъ = 16,83 мм. = AB запаздываетъ на 180° относительно вектора тока OJ_2 , векторъ $\omega L J_1 = 0,2088 J_1 = 0,2088 \cdot 33 = 6,89$ вольтъ = 6,9 мм. = BC опережаетъ на 90° векторъ тока OJ_1 и наконецъ, векторъ $\omega L J_2 = 6,89$



Фиг. 6.

вольтъ = 6,9 мм. = CD запаздываетъ въ фазѣ на 90° относительно вектора тока OJ_2 , следовательно векторъ $OD = 31,5$ мм. = 31,6 вольтъ = V_{1-2} представляетъ по величинѣ и по фазѣ падение напряжения на 1 км. вдоль провода 1—2 рассматриваемой трехфазной линии.

Предположим, что какимъ-либо способомъ регулирования фазъ можно достигнуть того, чтобы отставание въ фазѣ силы тока относительно фазового напряжения OE_1 на приемной станціи равнялось нулю, тогда напряжение между проводами 1—2 на приемной станціи опережаетъ силу тока или фазовое напряжение на 30° . Пусть $OE_{1-2} = 45000$ вольтъ представляетъ въ соответственномъ масштабѣ напряжение на приемной станціи между проводами 1—2; если построимъ теперь изъ точки E_{1-2} параллель къ OD и нанесемъ на ней отрѣзокъ (въ масштабѣ OE_{1-2}) $E_{1-2} E^0_{1-2} = OD$, тогда векторъ OE^0_{1-2} представляетъ напряжение между проводами 1—2 на 1 км. разстоянія отъ приемной станціи.

Но вышериведенное векторное уравнение позволяетъ, если привести его къ виду

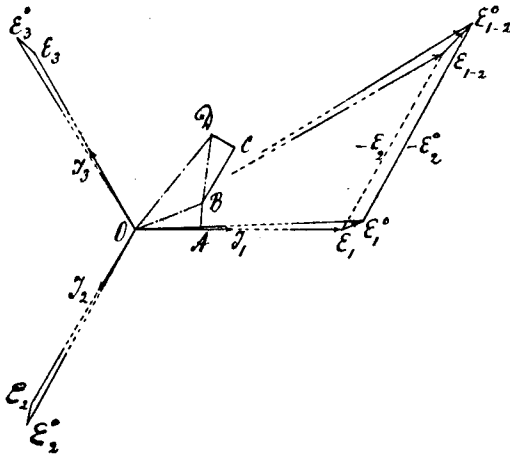
$$V_{1-2} \triangleq (J_1 - J_2) R + (J_1 - J_2) \omega L$$

и слѣдующее графическое построение вектора падения напряжения. Векторъ $(J_1 - J_2) R = OB$, который имѣетъ абсолютную величину $J \sqrt{3} R$, находится въ фазѣ съ напряженіемъ OE_{1-2} между проводами 1—2, а векторъ $(J_1 - J_2) \omega L = BD$,

имѣющей абсолютную величину $J\sqrt{2} \omega L$, опережаетъ на 90° векторъ напряжения OE_{1-2} и слѣдовательно векторъ OD представляетъ, какъ и раньше, падение напряжения на 1 клм. между проводами 1—2.

Такой способъ построения векторной диаграммы, т. е. графическаго вычисления паденія напряжения въ трехфазной линіи, сводится къ изложенному графическому вычисленію паденія напряжения въ однофазной линіи (см. Э—ство, № 18 стр. 251) какъ это излагается въ Zeitschrift für Elektrotechnik 1904 „Zur Bestimmung des Spannungsabfalles paralleler Drehstromleitungen“ L. Lichtenstein.

Наконецъ, векторное уравненіе паденія напряжения между проводами 1—2 позволяетъ еще произвести и предпочитаемое на практикѣ графическое вычисленіе паденія напряжения на фазу. Если въ фиг. 7 нанесемъ векторъ $J_1 R = AO$ рядомъ съ векторомъ $\omega L J_1 = AB$, то векторъ



Фиг. 7.

$OB = J\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 18,05 \text{ мм.} = 18,06 \text{ вольтъ} = V_1$ представляетъ по величинѣ и по фазѣ падение напряжения въ фазѣ 1; далѣе, если геометрически сложить съ векторомъ фазоваго напряжения OE_1 (на приемной станціи) векторъ паденія напряжения $E_1 E_1^0 = OB$ въ томъ же масштабѣ, какъ OE_1 , то векторъ OE_1^0 представляетъ фазовое напряжение, т. е. напряжение между проводомъ 1 и нейтральной точкой (землею) на 1 клм. разстоянія отъ приемной станціи. Продолжая графическое построеніе векторнаго уравненія напряжения и построивъ векторъ $BC = -J_2 R_2$ рядомъ съ векторомъ $CD = -\omega L J_2$, получимъ векторъ $BD = 18,05 \text{ мм.} = 18,05 \text{ вольтъ} = V_2$, представляющій по величинѣ и по фазѣ падение напряжения на 1 клм. въ фазѣ 2, а векторъ OE_2^0 будетъ представлять напряжение между фазой 2 и нейтральной точкой на разстояніе 1 клм. отъ приемной станціи. Слагая геометрически векторъ OE_1^0 съ векторомъ OE_2^0 , получимъ векторъ OE_{1-2}^0 , представляющій напряжение между проводами 1—2 на разстояніе 1 клм. отъ приемной станціи.

б) Вычислимъ теперь коэффициентъ индукціи на фазу трехфазной линіи по второму методу, принимая во вниманіе коэффициенты самоиндукціи и взаимной индукціи. Магнитный потокъ Φ_1 , относящійся къ проводу 1, выражается:

$$\Phi_1 = I_{s,1} i_1 + I_{m,2} i_2 + I_{m,3} i_3 \dots (1)$$

Но вслѣдствіе основнаго свойства трехфазной системы для мгновенныхъ величинъ тока должно существовать слѣдующее соотношеніе

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \text{ или } i_1 = -(i_2 + i_3) = i;$$

далѣе вслѣдствіе симметріи данной трехфазной линіи

$$I_{m,1} = I_{m,2} = I_{m,3} = I_m;$$

слѣдовательно

$$\Phi = i (I_s - I_m) = i I_1.$$

Коэффициентъ индукціи провода 1 или же фазы 1 симметрической трехфазной линіи равняется

$$L_1 = I_s - I_m \dots (2)$$

и мы видимъ, что онъ равняется половинѣ коэффициента индукціи однофазной линіи, состоящей изъ одного отходящаго и обратнаго провода.

Хотя вышеизложеннымъ и разрѣшается вопросъ вычисленія коэффициента индукціи на фазу по этому методу, но все-таки мы желали бы еще остановиться на уравненіи (1) и при помощи векторной диаграммы и въ данномъ случаѣ графически вычислить паденіе напряжения на фазу. Графическій способъ вычисленія будетъ намъ весьма полезенъ при вычисленіи коэффициента индукціи сложныхъ трехфазныхъ линій, когда онѣ содержатъ нѣсколько параллельно соединенныхъ проводовъ на фазу и когда коэффициенты взаимной индукціи $I_{m,1}$, $I_{m,2}$ и $I_{m,3}$ оказываются разными.

Предполагая синусоидальные токи, можно уравненіе (1) написать и въ слѣдующемъ видѣ:

$$\Phi_1 = I_{s,1} I_1 \sin \omega t + I_{m,2} I_2 \sin (\omega t - 120) + I_{m,3} I_3 \sin (\omega t - 240).$$

Измѣненіе этого магнитнаго потока индуктируетъ въ проводѣ 1 электродвижущую силу индукціи, равную

$$e_{s,1} = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\omega L_{s,1} I_1 \cos \omega t - \omega L_{m,2} I_2 \cos (\omega t - 120) - \omega L_{m,3} I_3 \cos (\omega t - 240).$$

Напряжение, идущее на преодоленіе этой электродвижущей силы индукціи, выразится

$$v_{s,1} = \frac{d\Phi_1}{dt} = \omega L_{s,1} I_1 \cos \omega t + \omega L_{m,2} I_2 \cos (\omega t - 120) + \omega L_{m,3} I_3 \cos (\omega t - 240)$$

или же

$$v_{s,1} = \omega L_{s,1} I_1 \sin (\omega t + 90) + \omega L_{m,2} I_2 \sin [(\omega t - 120) + 90] + \omega L_{m,3} I_3 \sin [(\omega t - 240) + 90].$$

Это уравнение указывает, что напряжение, уравновешивающее самоиндукцию в проводѣ 1, опережает в фазѣ на 90° силу тока I₁; далѣе, что напряжение, преодолавающее взаимную индукцию провода 2 на проводѣ 1, опережает на 90° силу тока I₂ и что, наконец, напряжение, идущее на преодолавание взаимной индукции провода 3 на проводѣ 1, опережает также на 90° силу тока I₃. Если $v_{1,r} = R_1 I_1 \sin \omega t$ представляет напряжение, преодолавающее омное сопротивление провода 1, то напряжение v_1 , которое нужно приложить на 1 км. длины в проводѣ 1 для того, чтобы ток i_1 в данный момент по нем протекалъ, выразится:

$$v_1 = R_1 I_1 \sin \omega t + \omega L_{s,1} I_1 \cos \omega t + \omega L_{m,2} I_2 \cos (\omega t - 120) + \omega L_{m,3} I_3 \cos (\omega t - 240).$$

Переходя от мгновенных къ среднеквадратическимъ величинамъ, найдемъ, что векторное уравнение падения напряжения будетъ:

$$V_1 \triangleq R_1 I_1 + \omega L_{s,1} I_1' + \omega L_{m,2} I_2' + \omega L_{m,3} I_3'$$

Для вышеприведеннаго примѣра можно вычислить:

$$\omega L_{s,1} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{0,33} - 1,5 \right] \cdot 6,28 \cdot 25 = 0,394 \text{ ома на 1 км.}$$

$$\omega L_{m,2} = \omega L_{m,3} = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{2 \cdot 10^5}{200} - 2 \right] \cdot 6,28 \cdot 25 = 0,1853 \text{ ома на 1 км.}$$

и тогда мгновенная величина падения напряжения на 1 км. вдоль провода 1 выразится:

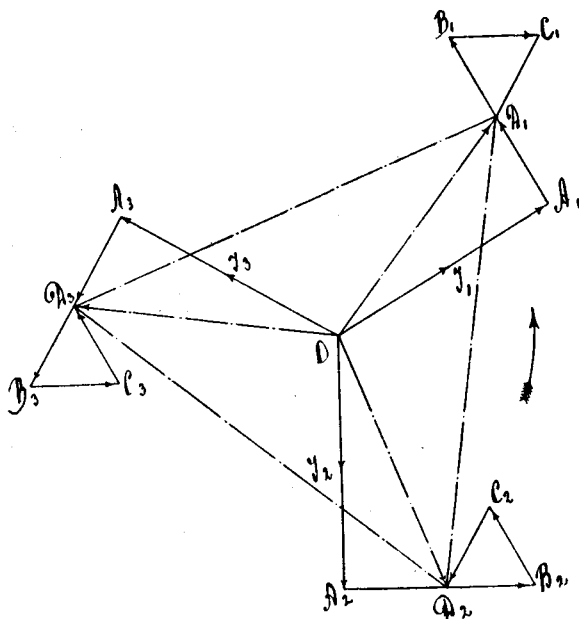
$$v_1 = 0,51 I_1 \sin \omega t + 0,394 I_1 \cos \omega t + 0,1853 I_2 \cos (\omega t - 120) + 0,1853 I_3 \cos (\omega t - 240).$$

Въ предположеніи, что передаваемый токъ равняется J₁=J₂=J₃=33 амперъ, графическое вычисление напряжения указано вѣ фиг. 8, гдѣ OJ₁, OJ₂ и OJ₃ представляютъ векторы токовъ. Векторъ R₁ J₁=0,51 · 33=16,83 вольтъ=33,66 мм.=OA₁ нанесенъ на векторъ тока OJ₁, а векторы: $\omega L_{s,1} J_1 = 0,394 \cdot 33 = 13 \text{ вольтъ} = 26 \text{ мм.} = A_1 B_1$, $\omega L_{m,2} J_2 = 0,1853 \cdot 33 = 6,11 \text{ вольтъ} = 12,22 \text{ мм.} = B_1 C_1$, $\omega L_{m,3} J_3 = 6,11 \text{ влт.} = 12,22 \text{ мм.} = C_1 D_1$ нанесены перпендикулярно въ направленіи опереженія на соответствующие векторы, слѣдовательно векторъ OD₁=36 мм.=18 вольтъ представляет по величинѣ и по фазѣ падение напряжения вдоль провода 1 на 1 км. длины. Мы видимъ, что это также величина, которую мы раньше вычислили при помощи перваго метода, слѣдовательно приведенная здѣсь векторная диаграмма напряжения автора вѣрна.

Падение напряжения вѣ фазѣ 2 и вѣ фазѣ 3 представлены по величинѣ и по фазѣ соответствующими векторами OD₂ и OD₃ и изъ векторной диаграммы явствуетъ, что OD₁=OD₂=OD₃=18 вольтъ, слѣдовательно разсматриваемая трехфазная линия совершенно симметрична. Векторы

A₁D₁, A₂D₂ и A₃D₃ могутъ вѣ соответственномъ масштабѣ $\frac{\omega L_{m,1} J_1}{J_1}$ представлять и индуктивное сопротивление соответствующихъ фазъ и ясно, что они перпендикулярны въ направленіи опереженія къ соответствующимъ векторамъ тока.

Падение напряжения между проводами 1—2 на 1 км. представлено по величинѣ и фазѣ



Фиг. 8.

векторомъ D₁D₂=31,6 вольтъ, а падение напряжения между проводами 2—3 и 1—3 векторами D₂D₃=31,6 вольтъ D₁D₃=31,6 вольтъ, видно что D₁D₂=D₂D₃, что подтверждаетъ также симметричность разсматриваемой трехфазной линии.

Разсмотримъ теперь

2) несимметричную трехфазную линию, состоящую изъ трехъ проводовъ, по одному на фазу, когда провода распредаляются вѣ одной плоскости, какъ это имѣетъ мѣсто при трехфазной системѣ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ. Пусть будетъ, какъ и раньше, D=200 см. расстояние между проводами, средней проводъ обозначенъ цифрой 1, r=0,33 см.—радиусъ проводовъ.

а) Вычислимъ падение напряжения по первому методу, исходя изъ магнитнаго потока $\Phi_{2,3}$, образованнаго вѣ пространствѣ между осями проводовъ 2 и 3. Магнитный потокъ $\Phi_{2,3}$ является, какъ уже сказано было, равнодѣйствующимъ изъ потоковъ Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 , образованныхъ токами i_1 , i_2 и i_3 , протекающими вѣ данный моментъ t по проводамъ 1, 2 и 3. Вслѣдствіе того, что магнитный потокъ $\Phi_1=0$,

$$\Phi_2 = \Phi_3 = L_1 i_1 = L_2 i_2, \text{ гдѣ}$$

$$L = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{400}{0,33} + 0,5 \right] = 0,00142 \text{ генри на } 1 \text{ клм. и } \omega L = 0,23 \text{ омъ,}$$

то векторное уравненіе для паденія напряженія на 1 клм. вдоль проводовъ 2—3 будетъ:

$$V_{2-3} \triangleq R J_2 - R J_3 + \omega L J_2' - \omega L J_3'$$

или, подставляя для R и ωL соотвѣтствующія величины, получимъ

$$V_{2-3} \triangleq 0,51 J_2 - 0,51 J_3 + 0,23 J_2' - 0,23 J_3',$$

гдѣ значекъ ' обозначаетъ, что эти векторы перпендикулярны къ соотвѣтствующимъ векторамъ тока.

Что же касается магнитнаго потока Φ_{1-2} , образованнаго въ пространствѣ между проводами 1—2, то онъ равняется:

$$\Phi_{1-2} = \Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_3 = L_1 i_1 - L_2 i_2 - L_3 i_3,$$

гдѣ

$$L_1 = L_2 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log + 0,5 \right] = 0,00133 \text{ генри на } 1 \text{ клм., а } \omega L_1 = \omega L_2 = 0,00133 \cdot 157 = 0,209 \text{ ома на } 1 \text{ клм., а } L_3 = \frac{1}{10^4} \left[4,6 \log \frac{400}{200} \right] = 0,00014 \text{ генри на } 1 \text{ клм., а } \omega L_3 = 0,0212 \text{ омъ на } 1 \text{ клм.}$$

Векторное уравненіе паденія напряженія между проводами 1—2 выразится:

$$V_{1-2} \triangleq 0,51 J_1 - 0,51 J_2 + 0,209 J_1' - 0,209 J_2' - 0,0212 J_3'$$

Тѣмъ же самымъ способомъ можно вывести и векторное уравненіе паденія напряженія между проводами 3—1

$$V_{3-1} \triangleq 0,51 J_3 - 0,51 J_1 + 0,209 J_3' - 0,209 J_1' + 0,0212 J_2'$$

Графическое построеніе векторовъ паденія напряженія, въ предположеніи, что фазы передаютъ одинаковые токи $J_1 = J_2 = J_3 = 33$ амперъ, указано въ фиг. 9, гдѣ векторы напряженія, уравновѣшивающіе омическое сопротивление проводовъ, нанесены въ направленіи соотвѣтствующихъ векторовъ тока (положительные въ фазѣ, отрицательные въ направленіи запаздыванія на 180°), а векторы напряженія, идущіе на преодоленіе электродвижущихъ силъ индукціи перпендикулярно къ соотвѣтствующимъ векторамъ токовъ (положительные въ направленіи запаздыванія). Паденія напряженія между проводами равняются;

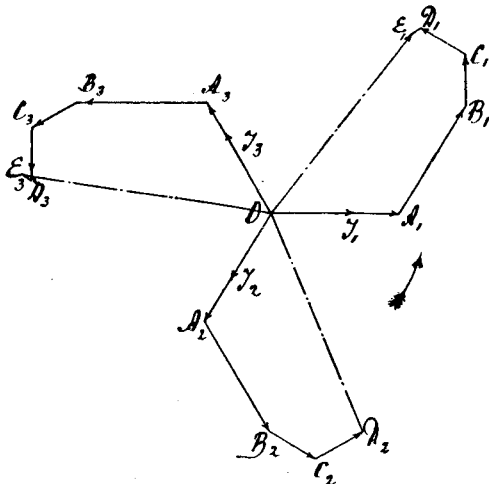
$$V_{2-3} = 63,6 \text{ мм.} = 31,8 \text{ вольтъ;}$$

$$V_{1-2} = 61,6 \text{ мм.} = 30,8 \text{ вольтъ и}$$

$$V_{3-1} = 69,4 \text{ мм.} = 32,2 \text{ вольтъ.}$$

Мы видимъ, что паденія напряженія между проводами—разныя, и что эта разница будетъ имѣть послѣдствіемъ неравномерную нагрузку

въ фазахъ, далѣе мы видимъ, что настоящая система трехфазной линіи диссимметрическая, и что эта диссимметрия выразится еще больше, вслѣдствіе неравной нагрузки въ фазахъ, и это все, что намъ можетъ указать приведенная векторная діаграмма напряженія. Если желаемъ теперь устранить этотъ недостатокъ, т. е. получить одинаковую нагрузку въ фазахъ, то мы не знаемъ,



Фиг. 9.

что именно нужно дѣлать и гдѣ начать, такъ какъ не видно, которая фаза больше, которая фаза меньше нагружена.

Но если рѣшить эту задачу при помощи введенія кажущагося коэффициента самоиндукціи и взаимоиндукціи, то получаемый результатъ будетъ иной, все становится сразу яснымъ, паденіе напряженія въ отдѣльныхъ фазахъ укажетъ намъ на болѣе нагруженную фазу, и мы видимъ, такъ сказать, какое участіе каждый проводъ принимаетъ въ передачѣ электрической энергии на расстояніе.

(Продолженіе слѣдуетъ).

О происхожденіи радія.

Вопросъ о происхожденіи радія, а въ особенности о томъ, какимъ образомъ этотъ элементъ, представляющій изъ себя образецъ неустойчивой атомистической структуры, не исчезъ еще изъ экономіи природы, представляетъ еще много загадочнаго. Допущеніе, что процессъ эволюціи радія начался сравнительно недавно, представляется мало вѣроятнымъ. Изученіе другихъ радиоактивныхъ элементовъ, каковы, на примѣръ, эманации радія, торія, которыя являются переходящими ступенями въ процессѣ разложенія атомовъ тяжелыхъ радиоактивныхъ элементовъ, наводитъ на мысль, что и атомы этихъ послѣднихъ являются временными комбинаціями, которыя имѣютъ своихъ родоначальниковъ. Если бы можно было доказать, что радій и полоній воспроизводятся вновь по мѣрѣ разрушенія имѣющагося запаса, что послѣдній пополняется постоянно изъ какого нибудь источника, то стало бы понятнымъ и долговременное существованіе радиоактивныхъ элементовъ и находде-

ние их в крайне незначительных количествах. Сь этой точки зрѣнія радій можно разсматривать, какъ продуктъ химической системы, находящейся въ подвижномъ равновѣсїи. Количество его, которое способно сохраняться безъ убыли въ продолженїи времени, гораздо болѣе значительнаго, чѣмъ время жизни отдѣльнаго атома, опредѣляется сь этой точки зрѣнія, какъ быстротой его исчезновения, такъ и скоростью образованїя. Изъ радиоактивныхъ элементовъ только уранъ и торїя обладаютъ атомнымъ вѣсомъ большимъ, чѣмъ радїй; поэтому отыскивать родоначальника радїа можно только въ этихъ двухъ элементахъ. Больше вѣроятїя имѣть за себя гипотеза о происхожденїи радїа и полонїа изъ урана, такъ какъ тѣ минералы, которые содержатъ этотъ послѣднїй въ достаточномъ количествѣ, даютъ также наиболѣе богатый источникъ для добычи радїа и полонїа. Быстрота разложенїа атома радїа примѣрно въ миллионъ разъ больше быстроты разложенїа урана, поэтому подвижное равновѣсїе должно наступить, когда количество радїа будетъ достигать одной миллионной доли запаса урана. Это послѣднее обстоятельство подтверждено экспериментальными изслѣдованїями супруговъ Кюри и Гизеля. обстоятельной разработкѣ этого вопроса посвящена и работа американскаго химика Больтвуда *).

Для опредѣленїа количества радїа, заключающагося въ различныхъ минералахъ, можетъ служить весьма чувствительная реакція, основанная на радиоактивности эманациї.

Достаточно сравнить относительныя количества эманациї, получаемыя отъ различныхъ минераловъ, чтобы заключить о сравнительномъ содержанїи въ нихъ радїа. Выдѣленїе эманациї, окклюзированной въ минералѣ, производится обычно путемъ растворенїа испытуемаго образца. При легкомъ подогрѣванїи вся эманация выдѣляется. Но необходимо имѣть въ виду, что и твердыя тѣла способны выдѣлять эманацию въ большей или меньшей степени и при томъ въ зависимости отъ различныхъ физическихъ условий различно. Чтобы ввести поправку на счетъ потери эманациї твердымъ тѣломъ, необходимо было отдѣльно опредѣлить величину этой потери для каждаго образчика.

Опредѣленїе производилось слѣдующимъ способомъ. Изслѣдуемый матеріалъ зимельчался и точно взвѣшено количество полученнаго порошка помещалось въ трубку между двумя пробками изъ ваты, концы трубки оттягивались въ капилары и запаивались. Эта трубка оставалась затѣмъ стоять 40 дней, послѣ чего черезъ нее протягивалось около 100 сс. воздуха, который увлекалъ эманацию, собирался въ бюретку и послѣ 15 минутъ стоянїа вводился въ электроскопъ. Активность полученной такимъ образомъ эманациї, раздѣленная на вѣсовое количество изслѣдуемаго минерала, давала величину активности эманациї, выдѣляемой однимъ граммомъ минерала. Это количество можетъ быть опредѣлено еще скорѣе, если оставить минералъ, лишенный эманациї, стоять въ продолженїи 4 дней и, опредѣливъ количество эманациї, выдѣленное имъ за это время, вычислить максимальное количество его по

$$J = \frac{J_t}{1 - e^{-\lambda t}}$$

формулы въ которой t время стоянїа, а J_t — величина активности, измѣренная послѣ t секундъ стоянїа.

Послѣ этого предварительнаго опредѣленїа измѣненный минералъ вводился въ колбу, свободная эманация удалялась токомъ воздуха, и въ ту же колбу приливалось около 50 куб. с. растворителя. Колба слегка подогрѣвалась до полнаго растворенїа минерала. Газъ изъ колбы собирался въ особой бюреткѣ. Послѣ растворенїа минерала растворъ еще разбавлялся, и остатокъ газа въ колбѣ вытѣснялся парами

воды, вводимыми въ колбу изъ особаго кипятивника. Весь газъ собирался въ вышеупомянутой бюреткѣ. Послѣ 15 минутнаго стоянїа онъ протягивался черезъ осушающую трубку сь хлористымъ кальциемъ и вводился въ электроскопъ. Активность полученной такимъ образомъ эманациї + активность эманациї, выдѣляемой порошкомъ въ твердомъ состоянїи, даетъ общее количество эманациї, заключающейся въ испытанномъ образцѣ. По этому количеству можно судить о содержанїи въ немъ радїа.

Для опредѣленїа содержанїа урана взвѣшенное количество минерала растворялось въ кислотѣ. Послѣ обработки раствора сѣрнистымъ водородомъ и фильтрованїа, уранъ осаждался изъ фильтрата въ видѣ фосфорной соли. Растворенїе осадка и осажденїе урана въ видѣ фосфорной соли въ соответственныхъ условїяхъ повторялись нѣсколько разъ. Конечнымъ продуктомъ являлась зеленая пирофосфорная соль урана.

Результаты этихъ анализовъ, поскольку они представляютъ интересъ для разрѣшенїа основнаго вопроса, сведены въ слѣдующей таблицѣ. Въ первомъ столбцѣ даны номера различныхъ образчиковъ, во второмъ—названїа минераловъ, въ третьемъ—активность эманациї, заключающейся въ одномъ граммѣ вещества, въ четвертомъ—содержанїе въ граммахъ урана въ одномъ граммѣ минерала, въ пятомъ—отношенїе между содержанїемъ радїа и урана, т. е. просто числа, полученныя отъ дѣленїа данныхъ четвертаго столбца на данныя пятаго.

I	II	III	IV	V
1	Уранинитъ	170	0,746	228
2	Уранинитъ	155	0,696	223
3	Гуммитъ	147	0,654	225
4	Уранинитъ	136,6	0,617	226
5	Уранофанъ	117,7	0,517	228
6	Уранинитъ	115,6	0,506	228
7	Уранофанъ	113,5	0,498	228
8	Торогуммитъ	72,9	0,3317	220
9	Карнотитъ	49,7	0,226	220
10	Ураноторитъ	25,2	0,114	221
11	Самарскитъ	23,4	0,104	224
12	Оранжитъ	23,1	0,103	223
13	Эвксенитъ	19,9	0,0871	228
14	Торитъ	16,6	0,0754	220
15	Фергусонитъ	12,0	0,0557	215
16	Эскинитъ	10,0	0,0452	221
17	Ксенотитъ	1,54	0,0070	220
18	Монацитъ	0,88	0,0043	205
19	Монацитъ	0,85	0,0041	207
20	Монацитъ	0,76	0,0034	223
21	Монацитъ	0,63	0,0030	210

Эти результаты, давая въ предѣлахъ погрѣшности точную пропорціональность между количествами радїа и урана, служатъ лучшимъ подтвержденїемъ гипотезы о происхожденїи радїа изъ урана. Что касается торїа, то вопросъ объ его участїи этими же результатами совершенно исключается, такъ какъ въ торитахъ, напримѣръ, содержащихъ до 50% торїа, отношенїе между радїемъ и ураномъ остается неизмѣненнымъ. Интересно, что во всѣхъ изслѣдованныхъ минералахъ былъ найденъ въ болѣе или менѣе значительныхъ количествахъ свинецъ. Это обстоятельство наводитъ на мысль, что, быть можетъ, свинецъ является однимъ изъ продуктовъ дезинтеграциї урана. Замѣчательно, что меньше всего свинца находится въ образчикѣ подл. № 5 и что этотъ минералъ сь геологической стороны считается наиболѣе недавнимъ продуктомъ изъ всѣхъ изслѣдованныхъ минераловъ.

Непосредственные опыты для подтвержденїа той же гипотезы были произведены Содди *) и привели къ положительнымъ результатамъ. Опыты эти начаты

*) В. Boltwood, Phil. Mag. 1905, № 52, p. 599. Волгоградская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

еще в 1903 году и дали сначала отрицательный результат, но когда килограмм азотнокислого урана пробыл около 18 месяцев в испытании, то оказалось, что превращение урана в радий несомненно имеет место, хотя и более медленно, чем согласно гипотезе о непосредственном превращении урана в радий.

Килограмм азотнокислого радия был растворен в воде, и к раствору прибавлена серная кислота. Небольшая количества азотнокислого бария прибавлялись к раствору, после чего последний отфильтровывался от осадка сернокислого бария. Вместе с сернокислым барием удалялся и весь радий, содержащийся в растворе. После удаления радия раствор был помещен в колбу, в которой он и оставался за все время наблюдения. Первые наблюдения были произведены в июне 1903 г. Радиоактивность газа, продуваемого через раствор, в начале равнялась почти нулю. Наблюдения велись в продолжении 18 месяцев и обнаружили постепенный рост emanационной способности раствора. Последние опыты были произведены в декабре 1904 г. и январе 1905 г., после перерыва в 9 месяцев. Оказалось, что за весь промежуток в 500 дней, количество emanации в растворе увеличилось в 100 раз против первоначального.

Свойства emanации, полученной из раствора урановой соли, ничем не отличаются от свойства emanации радия. Когда первая введена в электроскоп, то в первые пять минут спадание листочка возрастает и затѣм некоторое время остается постоянным. Если удалить emanацию через короткое время, то остается только наведенная активность, т. е. та величина, на которую первоначальная активность возросла в первые пять минут. Эта остаточная активность скоро исчезает и утечка электричества дѣлается опять ничтожной. Та же самая картина представляется, когда в электроскоп введена небольшая количество emanации радия. Кроме того, накопление emanации при стоянии раствора слѣдует тому же закону, как в случаѣ радиевых, так и урановых солей. Максимум содержания emanации в растворе радиевой соли достигается через 3—4 недѣли, и закон накопления ее выражается формулой

$$\frac{J_t}{J_{\infty}} = 1 - e^{-\lambda t},$$

в которой J_t есть величина активности и emanации накопившейся в t секунд, J_{∞} — максимальная величина, а $\lambda = 2 \cdot 10^{-6}$. Если же по этой формуле вычислить величину J_t для emanации из раствора урановой соли при различных t , то результаты получаются вполне согласные с непосредственными наблюдениями. Это видно из приведенной ниже таблицы

Время накопления.	Наблюдаемая величина.	Теоретическая.
9 месяцев	15,1	16,5
4 дня	10,2	8,2
17 дней	15,65	15,65
52,5 часовъ	9,7	5,3

Какъ уже выше было сказано, скорость разложения уранова атома гораздо значительнее, чемъ скорость образования радиева атома. Если предположить, что атомъ урана прежде, чемъ превратится в атомъ радия, проходитъ нѣсколько ступеней, то медленность образования радия станетъ объяснимой. Во всякомъ случаѣ опыты Содди дѣлаютъ весьма вѣроятною гипотезу о происхождении радия изъ урана.

Вопросъ о томъ, являются ли элементы в родѣ урана и радия исключениемъ в ряду другихъ простыхъ веществъ, которые принято считать неизмѣнными, или и другіе элементы способны къ дезинтеграции, лишь въ болѣе слабой степени, представ-

ляетъ такой огромный интересъ, что мы позволимъ себѣ остановиться на немъ. Для рѣшенія этого вопроса не имѣется прямыхъ доказательствъ, но многіе факты дѣлаютъ вѣроятнымъ предположеніе, что устойчивость химически простыхъ тѣлъ относительно, что уранъ и ему подобные элементы представляются лишь наименѣ устойчивые виды атомистической структуры. Что всѣ тѣла в природѣ болѣе или менѣ радиоактивны, это фактъ установленный. Прибѣр сильно радиоактивныхъ элементовъ показываетъ, что активность связана съ процессами, происходящими внутри атома, являясь слѣдствиемъ болѣе или менѣ интенсивной дезинтеграции. Поэтому естественно предположить, что и в атомахъ другихъ элементовъ идетъ такое же внутреннее переустройство, но лишь менѣ интенсивное. Но до сихъ поръ не имѣется прямого отвѣта на вопросъ, каковы продукты разложения атомовъ, обладающихъ лишь незначительной активностью. Простымъ нагреваніемъ оказывается невозможнымъ выдѣлить в замѣтныхъ количествахъ какой либо газообразный продуктъ в родѣ emanации. Но нѣкоторые факты какъ будто указываютъ на выдѣление emanации нѣкоторыми металлами. Такъ Вудъ *) изслѣдуя ионизацію воздуха, производимую различными металлами, нашель, что полированная поверхность менѣ активна, чемъ свѣже приготовленная после обработки ея кислотой. Это явление можно толковать такъ, что полировка видоизмѣняетъ поверхностный слой и препятствуетъ выдѣлению emanации. Существуютъ, кроме того, наблюденія, что ионизація воздуха в закрытомъ сосудѣ съ теченіемъ времени в началѣ падаетъ, а затѣмъ возрастаетъ и достигаетъ максимума. Первоначальное паденіе активности объясняется уничтоженіемъ emanации, находившейся въ воздухѣ, а послѣдующее возрастание можетъ имѣть своей причиной лишь пополненіе этой убыли изъ какого нибудь источника, напримеръ, в слѣдствіе выдѣления emanации стѣнками сосуда. Въ зависимости отъ вещества, изъ котораго были сдѣланы стѣнки сосуда, характеръ и величина активности получались различные.

Опыты, поставленные для изучения явления вторичной радиации **), состоящаго въ томъ, что поверхность, на которую падаетъ пучокъ лучей β и γ , является сама источникомъ этихъ лучей, показали, что здѣсь нельзя говорить о простомъ отраженіи падающаго пучка; что рядомъ съ отраженными лучами поверхность подѣйствіемъ лучей β и γ сама становится радиоактивной, испускаетъ такіе же лучи. Если расположить различныя вещества по ихъ способности пріобрѣтать радиоактивныя свойства при этихъ условіяхъ, то, какъ показываетъ нижеслѣдующая таблица, радиоактивность, возбужденная дѣйствіемъ лучей β и γ , находится въ тѣсной зависимости отъ атомнаго вѣса вещества поверхности

Вещество.	Атомный вѣсъ.	Вторичная радиация.
Свинецъ	206,4	100
Платина	194,3	92
Олово	118,8	80
Цинкъ	65	65
Мѣдь	63,2	64
Желѣзо	56	62
Алюминій	27	33

Вещества съ большимъ атомнымъ вѣсомъ пріобрѣтаютъ большую активность, т. е. подѣйствіемъ пучка лучей, внутренняя связь болѣе тяжелыхъ атомовъ легче разрывается. Съ этимъ результатомъ можно сопоставить тотъ фактъ, что сильно радиоактивные элементы, какъ уранъ, радий, торій обладаютъ большимъ атомнымъ вѣсомъ. Но если сравнить приведенныя въ таблицѣ данныя съ результа-

*) A. Wood, Phil. Mag. 1905. № 52. p. 550.

***) Mc Clelland, Phil. Mag. 1905. № 50, p. 230.

тами изслѣдованія Вуда *) надъ самопроизвольной активностью металловъ, то оказывается, что порядокъ металловъ, расположенныхъ по величинѣ своей активности, только приблизительно совпадаетъ съ тѣмъ, который мы наблюдаемъ въ вышеприведенной таблицѣ. А именно, изслѣдованные металлы могутъ быть расположены въ слѣдующій рядъ: Pb, Sn, Fe, Al, Zn. Въ немъ цинкъ стоитъ на послѣднемъ мѣстѣ, хотя атомный вѣсъ его больше атомнаго вѣса жельза и алюминія. Остальные же элементы располагаются по величинѣ своего атомнаго вѣса.

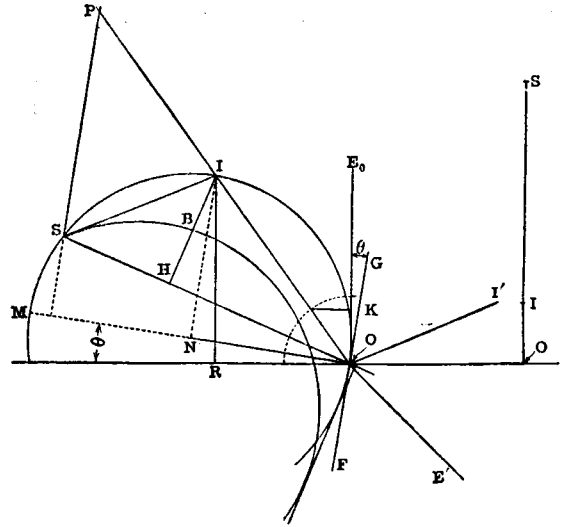
Всѣ эти результаты, конечно, не обяываютъ къ тѣмъ выводамъ, которые можно сдѣлать съ точки зрѣнія дезинтеграціи элементарныхъ веществъ, но они представляютъ первые шаги въ томъ направленіи, которое можетъ привести къ полному перевороту въ современныхъ воззрѣніяхъ на постоянство и неизмѣнимость элементовъ. Конечно, практически эта измѣнимость, если она существуетъ, не можетъ оказать вліянія на примѣненіе въ химіи закона сохранения элементарныхъ веществъ и не можетъ проявиться, вообще говоря, въ химическихъ процессахъ, но теоретическое значеніе ея неоспоримо огромно.

О Б З О Р Ъ.

Теорія однофазныхъ двигателей съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ. Ф. Кридди. Для изученія свойствъ двигателя авторъ пользуется графическимъ методомъ. Когда якорь двигателя не вращается, то вся система представляеть изъ себя простую реактивную катушку, въ которой электродвижущая сила, приложенная извнѣ, сдвинута относительно тока на опредѣленный уголъ. При вращеніи якоря, въ его обмоткѣ индуцируется обратная электродвижущая сила, которая въ свою очередь стремится возбудить токъ, по фазѣ отстающей отъ нея. Пусть на чертежѣ (фиг. 10) OS изображаетъ токъ, который протекаетъ черезъ двигатель въ первомъ случаѣ, а OJ' токъ, который возникъ бы, если бы существовала одна обратная электродвижущая сила въ якорѣ; тогда въ суммѣ обѣ электродвижущія силы дадутъ токъ, изображаемый векторомъ OJ, который и производитъ полезную работу. Этотъ токъ прямо противоположенъ по направленію обратной электродвижущей силѣ OE', если не считать небольшого сдвига фазъ въ силу потерь въ жельзѣ. Такъ какъ разности фазъ между электродвижущей силой OE₀, приложенной извнѣ, и токомъ OS съ одной стороны и между обратной электродвижущей силой OE' и токомъ OJ' съ другой одинаковы, потому что опредѣляются одними и тѣми же условіями, т. е. величиной сопротивленія и самоиндукціи обмотки, и такъ какъ эти разности фазъ постоянны, то разность фазъ между токами OJ и OJ' есть величина постоянная.

Если заданная извнѣ электродвижущая сила OE₀ постоянна, то и токъ OS есть величина постоянная. На чертежѣ вектора OS, SJ и OJ составляютъ замкнутый треугольникъ, у котораго основаніе OS есть величина, заданная такъ же, какъ и уголъ при вершинѣ J. Этихъ условій достаточно, чтобы вершина J постоянно оставалась на окружности круга, одной изъ хордъ котораго является векторъ OS. Разность фазъ векторовъ OJ и OE', какъ уже было сказано, отличается на некоторый небольшой уголъ θ отъ π, т. е. равна π-θ. Уголъ ∠JOJ' = π-θ-∠J'OE', а такъ какъ ∠SOE₀ = ∠J'OE', а ∠SJO = ∠JOJ', то ∠SJO = π-θ-∠SOE₀. Проведемъ линію FOG, наклоненную подъ угломъ θ къ вектору OE₀; тогда ∠SOG = θ+∠SOE₀, а ∠SOF = π-∠SOG = ∠SJO. Когда точка J приближается къ O, то одна сторона треугольника OJ стремится къ нулю, а направленіе ея при-

ближается къ направленію касательной; въ то же время другая сторона SJ приближается къ совпадению съ основаніемъ треугольника SO. Но при движеніи точки J по окружности уголъ SJO сохраняетъ неизмѣнную величину, поэтому уголъ между хордой SO и касательной къ кругу въ точкѣ O, который представляеть предѣльное положеніе угла SJO, ра-



Послѣдовательный двигатель переменнаго тока постояннаго тока

OI—сила тока	OI—сила тока	SI—скорость
IH—	OJ'—	SI—OI
OK—показатель мощности	SI—	OS—мощность

Фиг. 10.

венъ этому послѣднему. Но уже доказано, что ∠SOF = ∠SJO, слѣдовательно линія FOG есть касательная къ кругу въ точкѣ O. Очевидно, что и діаметръ ONM составляетъ съ линіей, перпендикулярной вектору OE₀, тотъ же уголъ θ. Этими соображеніями исчерпываются всѣ геометрическія особенности диаграммы.

Величина вектора SJ пропорціональна величинѣ обратной электродвижущей силы двигателя, а послѣдняя, какъ известно, пропорціональна произведенію скорости вращенія на магнитный потокъ. Поэтому частное SJ/OJ пропорціонально только скорости, если допустить, что величина магнитнаго потока пропорціональна силѣ тока возбужденія. Проведемъ черезъ точку S линію SP такъ, чтобы ∠OSP равнялся ∠SJO, и продолжимъ линію OJ до пересѣченія съ линіей SP. Мы получимъ два подобныхъ треугольника, изъ которыхъ находимъ SP/OS = SO/OJ, т. е., согласно только что сказанному, такъ какъ OS величина постоянная, а величина SP пропорціональна скорости двигателя. Кроме того, мы видимъ, что ∠PSO = ∠SOF, то есть линія SP и касательная къ кругу въ точкѣ O параллельны. Моментъ вращенія двигателя пропорціоналенъ OJ', а мощность = моменту вращенія × скорость, т. е. пропорціональна OJ' × SJ/OJ = OJ × SJ. Изобразимъ величину момента вращенія и мощности просто отрѣзками линій. Такъ какъ ∠SJO величина постоянная, то произведеніе OJ × SJ пропорціонально площади трехугольника, или, въ виду неизмѣнности основанія OS, просто перпендикуляру JH, опущенному изъ вершины трехугольника J на основаніе OS; поэтому величину мощности двигателя можно изображать отрѣзкомъ JH. Если JN есть перпендикуляръ, опущенный изъ точки J на діаметръ OM, то согласно известной теоремѣ OJ' = OM × ON/OM, величина постоянная, слѣ-

*) Loc. cit.

Эта величина, как видно, не зависит от числа витков якоря и возрастает съ уменьшением p . Для того же случая, т. е. при наибольшем полезном дѣйстви якоря, находимъ, что

$$2\pi f n_1 p v = 2\pi f \left(\frac{2}{\pi} n_1\right)^2 p_1$$

т. е. индуктивные сопротивления обмотокъ якоря и электромагнитовъ равны.

При проектированіи двигателя обыкновенно задаются слѣдующіе элементы: мощность двигателя = W ваттъ, скорость = s обор. въ сек., $\cos \varphi$, коэффициентъ полезнаго дѣйствія = η , вѣшняя электродвижущая сила = e_0 , частота переменнаго тока = f .

Рабочій токъ при полной нагрузкѣ вычисляется тогда по формулѣ

$$i = \frac{W}{e_0 \eta \cos \varphi}$$

Обратная электродвижущая сила, относительно которой принимаемъ для простоты, что она находится въ фазѣ, противоположной фазѣ тока (пренебрегая небольшимъ сдвигомъ фазъ = Θ), вычисляется изъ величины электрической отдачи = $\frac{e_1}{e_0 \cos \varphi}$.

Эту послѣднюю величину можно опредѣлить отчасти опытнымъ путемъ, отчасти при помощи обычнаго расчета потерь. Такъ какъ потери въ этихъ двигателяхъ, зависящія отъ чисто механическихъ условій работы, почти тѣ же, что и въ двигателяхъ постояннаго тока, то опытъ послѣднихъ могъ бы быть съ успѣхомъ привлеченъ для оцѣнки механическихъ, а отсюда и электрическихъ потерь.

Зная обратную электродвижущую силу, можно воспользоваться формулой

$$e_1 = \frac{4 \cdot n_1 \cdot s \cdot i \cdot n \cdot p}{10^8} \text{ или } m_1 = \frac{e_1 \cdot 10^8}{4\pi p}$$

которая даетъ одно уравненіе для опредѣленія n и n_1 . Другая получается, если возьмемъ e_0 , геометрическую сумму e_0 и e_1 , и пренебрежемъ омическимъ сопротивленіемъ обмотки. Тогда

$$\frac{e_2}{2} = 2\pi f \left[p v n^2 + \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 p_1 n_1^2 \right] 10^{-8};$$

это и есть второе уравненіе. Рѣшая ихъ относительно n^2 и n_1^2 , находимъ:

$$4\pi f p v \cdot 10^{-8} n^2 = \frac{e_2}{i} + \sqrt{\left(\frac{e_2}{i}\right)^2 - \frac{p_1 v}{p} \left(\frac{e_1}{is}\right)^2} f^2$$

$$\text{и } 4\pi f \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 p_1 \cdot 10^{-8} \cdot n_1^2 = \frac{e_2}{i} - \sqrt{\left(\frac{e_2}{i}\right)^2 - \frac{p_1 v}{p} \left(\frac{e_1}{is}\right)^2} f^2.$$

Если же принять во вниманіе омическое сопротивление обмотки, то необходимо замѣнить

$$\frac{e_2}{i} \text{ черезъ } \sqrt{\left(\frac{e_2}{i}\right)^2 - r^2}.$$

Сопротивленіе r легко находится изъ уже извѣстныхъ элементовъ по формулѣ

$$r = \frac{W (1 - \eta_1)}{\eta_1^2 i^2},$$

въ которой η_1 — электрическая, а η — общая отдача двигателя.

Этотъ расчетъ предполагаетъ уже заданнымъ остовъ двигателя. Если же необходимо проектировать и этотъ послѣдній, то слѣдуетъ избрать нѣсколько иной путь; а именно, вычисливъ силу тока при полной нагрузкѣ и обратную электродвижущую силу, искать подходящее число витковъ для обмотки якоря. При этомъ необходимо принимать въ сообра-

женіе: 1) обратную электродвижущую силу, 2) кажущееся сопротивление обмотки, 3) коммутацию двигателя. Въ этой стадіи для проектированія нельзя дать какихъ либо опредѣленныхъ правилъ; опытъ и навыкъ играютъ главную роль, и наимыгоднѣйшая обмотка находится болѣе или менѣе опытно. Но найдя величину n_1 , по вышеприведеннымъ уравненіямъ уже можно отыскать величины n и p .

(The Electrician).

Тарификація электрической энергии. Б. Брониславскій *). Электрическая промышленность переживаетъ въ настоящее время кризисъ, причину котораго авторъ находитъ въ существующей организациіи центральныхъ станцій, а также коммерческой стороны дѣла. Для иллюстраціи своего положенія онъ разсматриваетъ типическій примѣръ предпріятій этого рода, на которомъ выясняются всѣ особенности промышленной организациіи центральныхъ станцій. Этимъ примѣромъ служитъ электрическая станція, обслуживающая одинъ французскій городъ со стотысячнымъ населеніемъ, выбранная авторомъ изъ числа десяти центральныхъ станцій, изученныхъ имъ.

Эта станція можетъ производить въ годъ 1.133,168 квт.-часовъ, а продаетъ 853,543, т. е. 75% выработаннаго количества энергіи. Она располагаетъ 2,500 л. с. Если раздѣлить эту мощность на двѣ части: 1,500 л. силъ рабочихъ и 1000 запасныхъ, то годовичное производство, считая день въ 10 часовъ, отдачу въ 75%, выразится цифрой въ 2.947.750 квт.-часовъ. Предполагая, что отношеніе количества продаваемой и вырабатываемой энергіи выражается дробью 0,75, находимъ, что количество энергіи, которое станція можетъ продавать, опредѣляется въ 2.210,812 квт.-час.; вычитая изъ этого числа число квт.-часовъ, въ дѣйствительности продаваемыхъ станціей, получаемъ остатокъ въ 1.350,269 квт.-часовъ. Эти цифры показываютъ, что центральная станція продаетъ только 38% общаго количества энергіи, которое оно могло бы пустить въ продажу, не увеличивая мощности машинъ.

Одинъ квт.-часъ обходится станціи въ 12 сантим., а продается по 70 сантим.; такимъ образомъ только 17% продажной цѣны составляютъ издержки производства, остальная же часть служитъ для покрытія общихъ расходовъ, погашенія и прибыли. Валовой доходъ станціи составляетъ 597,480 франкъ; погашеніе и общие расходы поглощаютъ около 275,000 фр.; такимъ образомъ остается чистой прибыли 220,000 франковъ, т. е. около 7% на затраченный капиталъ. Мы видимъ, что, несмотря на огромную разницу въ стоимости производства и продажной цѣнѣ электрической энергіи, доходъ нельзя назвать слишкомъ высокимъ.

Дѣло въ томъ, что большинство потребителей пользуются электрическимъ токомъ для цѣлей освѣщенія всего нѣскольکو часовъ въ день, во время которыхъ станція должна развивать свою максимальную мощность. Остальную часть дня станція должна сильно сокращать свое производство. Въ виду этого расходы на погашеніе затратъ при оборудованіи станціи и электрической сѣти представляютъ значительный процентъ въ общей суммѣ расходовъ. Изъ этого затрудненія электрическую промышленность могло бы вывести равномерное распредѣленіе потребленія энергіи въ теченіи дня. Въ качествѣ же корректива къ существующему положенію авторъ предлагаетъ подвижный тарифъ, который основывается на оцѣнкѣ не только стоимости производства электрической энергіи, но также количества часовъ, въ теченіи которыхъ потребитель пользуется токомъ, и отношенія между мощностью, на которую рассчитано оборудованіе потребителя, и величиной его сред-

* См. Электр. ст. г. № 9-10, стр. 141.

няго потребления. Другими словами, стоимость тока въ первые часы пользования имъ должна быть больше, чѣмъ въ послѣдующіе, достигая къ концу дня своего минимума. Такой тарифъ позволилъ бы значительно понизить цѣну электрической энергіи для постоянныхъ потребителей и сдѣлалъ бы доступнымъ пользование для отопления и приваждения въ дѣйствіе двигателей.

(J. Electr. Fl.).

Уличное освѣщеніе при помощи Нернстовыхъ лампъ. Въ одномъ изъ пригородовъ Гартфорда въ Новой Англіи сдѣлана удачная попытка примѣнить лампу Нернста для освѣщенія улицъ. По мѣстнымъ условіямъ, требовалось расположить источники свѣта по возможности ниже, вслѣдствіе чего пришлось обратиться къ небольшимъ единицамъ, расположеннымъ близко другъ отъ друга. Предстоялъ выборъ между газовыми фонарями съ однимъ рожкомъ и нернстовыми лампами съ одной палочкой. Выборъ былъ рѣшенъ въ пользу лампы Нернста въ виду того, что горѣніе одной лампы въ годъ обходилось въ 18 долларовъ, тогда какъ газовый рожокъ на 60 свѣчей потребовалъ бы въ годъ газу на 27 долларовъ.

Токъ доставляется центральной станціей въ Терриффвиллѣ, въ 23 км. отъ города. Онъ передается въ видѣ трехфазнаго тока въ 11000 влт. на подстанцію въ Гартфордѣ. Здѣсь онъ превращается въ однофазный, и напряженіе понижается до 2400 вольтъ. Въ такомъ видѣ онъ доставляется уже на мѣсто потребления въ 6 км. отъ главной подстанціи, гдѣ онъ снова понижается до 230 и 115 вольтъ, соответственно для лампъ Нернста и обыкновенныхъ лампочекъ накаливанія.

Одинъ изъ проводовъ, питающихъ лампы Нернста, проходить черезъ выключатель. Первичныя обмотки трансформаторовъ снабжены однополюснымъ предохранителемъ высокаго напряженія. Громоотводы имѣются только на подстанціи въ Гартфордѣ. За исключеніемъ одной горѣлки съ 6 палочками все оборудование состоитъ изъ 224 ординарныхъ лампъ, разбитыхъ на 13 группъ отъ 10 до 28 лампъ въ каждой. Каждая группа питается отъ центрально расположеннаго на одномъ изъ столбовъ группы трансформатора на 5 квт., снабженнаго предохранителями и выключателями. Лампы расположены на разстояніи 200 футовъ другъ отъ друга; первоначальные прозрачныя колпаки были впоследствии замѣнены матовыми.

Лампы ежедневно два раза контролируются тремя мальчиками, которые развѣзжаютъ на велосипедахъ и замѣняютъ перегорѣвшія свѣтильни новыми. Весь остальной досмотръ и всякія исправленія производятся однимъ лицомъ, который завѣдуетъ также всѣми лампами Нернста въ центрѣ города, въ общемъ около 2500 горѣлокъ. Расходъ на содержаніе одной лампы за шесть первыхъ мѣсяцевъ составилъ 1,26 доллара. Продолжительность существованія лампы составляетъ около 800 часовъ. Регулированіе колеблется въ предѣлахъ 5%.

Двѣ деревни Юнионвилл и Фармингтонъ, въ 20 и 15 км. отъ Гартфорда, освѣщаются также нернстовыми лампами по системѣ, близкой къ Гартфордской. Токъ доставляется станціей въ Юнионвиллѣ. Нормальная нагрузка освѣтительной сѣти составляетъ 60 квт. Трехфазный токъ вырабатывается генераторомъ на 75 квт., приводимымъ въ дѣйствіе водяной турбиной. При помощи напряженія въ 2300 вольтъ, токъ передается въ трансформаторы, расположенные въ обѣихъ деревняхъ. Трансформаторы большей частью на 10 квт., соединены съ питающимъ проводомъ черезъ посредство выключателей высокаго напряженія и громоотводовъ Вертса. Общее число лампъ въ обѣихъ деревняхъ—188; онѣ разбиты на 6 группъ, около 25 горѣлокъ въ каждой. Всѣ лампы осматриваются мальчикомъ каждыя 2 дня. Средняя продолжительность горѣнія одной палочки со-

ставляетъ 803 часа. Всѣ расходы на содержаніе лампы опредѣляются въ 2,80 доллара въ годъ.

(Electr. Review).

БИБЛИОГРАФІЯ.

J. Kershaw. Die elektrolytische Chlorat-industrie. 124 Seiten mit 39 Figur. und 3 Tabellen im Text. 1905. Preis 6 M. Halle a. S., Verlag von W. Knapp.

Дж. Кершау. Электролитическое производство хлорноватокислыхъ солей. 124 стр. съ 39 рис. и 3 таблицами въ текстѣ. 1905. Цѣна 6 марокъ (около 3 руб.).

Sher. Cowper Coles. Elektrolytische Verzinkung, 37 Seiten mit 36 Figuren und 9 Tabellen im Text. 1905. Preis 2 M. Halle-a-S. Verlag von W. Knapp.

Ш. Коуперъ-Кольсъ. Электролитическое оцинкованіе. 37 стран. съ 36 рис. и 9 таблицами въ текстѣ. 1905. Цѣна 2 марки (около 1 руб.).

Серія монографій по прикладной электрохиміи, издаваемая В. Энгельгардтомъ и уже многократно рецензировавшаяся на страницахъ „Электричества“, пополнилась двумя новыми выпусками, заглавія которыхъ приведены въ предшествующихъ строкахъ. Книга Кершау можетъ быть отнесена къ наиболее удачнымъ выпускамъ этой серіи. Послѣ историческаго введенія и сжатаго, но достаточно обстоятельнаго изложенія теоретическихъ работъ по трактуемому вопросу (стр. 1—17), авторъ описываетъ (стр. 17—48) въ отдѣльности почти всѣ предложенныя способы электролитическаго полученія хлорнокислыхъ солей (изъ заслуживающихъ вниманія упущены только способъ Акц. Общ. бывш. Шуккертъ и К^о, нѣм. прив. 83536); затѣмъ слѣдуютъ главы: кристаллизація, свойство и примѣненіе бертолетовой соли (стр. 48—59); данныя относительно натрія, а также хлорнокислыхъ, бромновато- и іодноватокислыхъ солей (стр. 65—71); анализъ продуктовъ (стр. 71—72). Наконецъ, приложение заключаетъ въ себѣ списокъ англійскихъ, французскихъ, германскихъ, шведскихъ и американскихъ привилегій (общее число ихъ 61), выданныхъ въ теченіе 1887—1902 гг. на электролитическое производство хлорноватокислыхъ солей, а также (стр. 74—123) буквальній текстъ десяти важнѣйшихъ изъ этихъ привилегій.

Такъ какъ производство хлорноватокислыхъ солей, специально хлорноватокислаго калия, такъ называемой бертолетовой соли, представляетъ собой одну изъ важнѣйшихъ отраслей электрохимической промышленности, то мы приведемъ изъ книги г. Кершау нѣкоторыя наиболее интересныя данныя. Въ 1901 году электролитическимъ производствомъ бертолетовой соли въ Европѣ и Америкѣ занимались слѣдующіе восемь заводовъ:

Corbin & C ^o	въ Шеддѣ (Савойя)	12000 л. с.
Soc. d'Electrochimie	въ С. Мишель (Савойя)	9000 "
" "	въ Валлорбѣ (Швейцарія)	3000 "
Superfosfat Fabr. A.-G. въ Мансбо (Швейцарія)		9600 "
Ges. f. elektrochem. Ind. въ Альби (Швейцарія)		?
The North American Chem. C ^o	въ Бэй-Сити (Соед. Штаты)	2000? "
The National Electrolytic C ^o	въ Ниагарѣ	2000 "

Такимъ образомъ промышленность бертолетовой соли (находящей себѣ сбытъ главнымъ образомъ въ спичечномъ производствѣ и пиротехникѣ, а въ по-

сѣднее время также въ производствѣ взрывчатыхъ веществъ) располагаетъ въ общемъ энергіей около 30000 лощ. силъ (Кершау почему-то сосчитываетъ 35—40 тыс.). Изъ всѣхъ перечисленныхъ заводовъ только заводъ въ Бэй-Сити пользуется силой пара, остальные же—водяной. Слѣдуетъ, впрочемъ, имѣть въ виду, что далеко не вся энергія, которой располагаютъ названные заводы, используется для производства бертолетовой и вообще хлорноватокислыхъ солей. Часть ея,—къ сожалѣнію, не извѣстно какая,—несомнѣнно или совсѣмъ остается безъ употребленія, или же используется для производства другихъ продуктовъ. Во всякомъ случаѣ, въ данной промышленности почти совершенно вытѣснилъ старый химическій способъ: такъ въ 1899 г. во Франціи было произведено 3000 тоннъ бертолетовой соли электролитически и только 850 т. химически, такъ что первый методъ далъ 77% всего производства. Прибавимъ, что у насъ въ Россіи электролитическимъ производствомъ бертолетовой соли занимается заводъ „Электричество“ въ Зомковицахъ (Польша), работающій на каменномъ углѣ.

Интересенъ еще дѣлаемый Кершау подсчетъ стоимости электролитическаго производства бертолетовой соли. Подсчитъ произведенъ для водяной установки на 3000 водяныхъ=2400 электрическихъ лощ. силъ. Въ теченіе 330 рабочихъ дней въ году производится 1600 тоннъ бертолетовой соли (считая полезное дѣйствіе тока=74% и использование энергіи=37%). Основной капиталъ составляетъ:

гидротехническая установка	210000 мар.
электрическая	280000 „
химическая	300000 „

Итого . . . 790000 мар.

Расходы производства:

Энергія 3000 силъ по 71,5 марокъ въ годъ	214500 мар.
1400 тоннъ 80% хлористаго калия по 184 м.	257600 „
Упаковка 30 м. съ тонны	48000 „
Рабочія руки (24 раб. по 26 м. въ недѣлю)	32400 „
Обіе расходы (10% выше перечисленныхъ)	55200 „
Амортизація электрическихъ и химическихъ установокъ 7%	40600 „
5% съ 790000 м.	39500 „

Итого . . . 697800 мар.

Слѣдовательно себѣ—стоимость 1 тонны бертолетовой соли составитъ 430 марокъ; цѣна же этого продукта въ Ливерпулѣ составляетъ въ настоящее время 540 марокъ тонна, такъ что разница между рыночной и себѣ-стоимостью не очень велика, и производство должно потому вестись съ большой осмотрительностью.

Вполнѣ удовлетворительно составлена также брошюра Коуперъ-Кольса объ оцинкованіи, дающая рядъ полезныхъ практическихъ указаній, какъ относительно подготовки цинкуемыхъ предметовъ къ электролизу, такъ и относительно самого электролиза и регенерации растворовъ.

Thermodynamique. I. Notions fondamentales. Par **M. L. Marchis.** Préface de **M. P. Duhem.** Grenoble. A. Gratiis et J. Rey. 1904. 176 pp. in 16°.

Термодинамика. I. Основные понятія. **Л. Марши.** Предисловіе **П. Дюгема.** Гренобль.

Обращаемъ вниманіе нашихъ читателей на этотъ краткій, но весьма содержательный курсъ термодинамики; вышедшая пока первая часть излагаетъ общія теоремы этой науки, во второй—авторъ предлагаетъ дать примѣненіе ихъ „къ системамъ, представляющимъ особый интересъ для техника, а именно—къ жидкостямъ, разсматриваемымъ въ области критической точки“ (р. 17).

Характеръ изложенія основныхъ теоремъ вполнѣ соответствуетъ техническимъ цѣлямъ сочиненія: тутъ нѣтъ стремленія познакомить читателя съ различными вариациями термодинамическихъ теорій, нѣтъ тѣхъ, можно сказать, мечтаній, которыми отличаются современные энергетика, нѣтъ историческихъ отступленій; только въ ученомъ предисловіи, являющемся красивымъ исключеніемъ въ общемъ тонѣ сочиненія, **П. Дюгемъ** излагаетъ свой взглядъ на историческое развитіе вопроса о вѣчномъ двигателѣ (рр. 1—14). Это предисловіе, написанное извѣстнымъ знатокомъ термодинамики, служитъ хорошей рекомендаціей книги г. Марши.

Система изложенія, принятая авторомъ, представляетъ собою то, что называется классическою термодинамикой съ цикломъ Карно въ центрѣ всего ученія, но съ тѣми упрощеніями и разъясненіями, которыя введены Дюгемомъ. Вліяніе послѣдняго особенно сказывается въ тѣхъ параграфахъ, гдѣ говорится объ обратимости, о характерѣ реальныхъ процессовъ, о пассивныхъ сопротивленіяхъ. Изложеніе весьма ясно и даже легко удерживается въ памяти вслѣдствіе того, что все содержаніе разбито на коротенькія теоремы, общія положенія снабжены хорошими и разнообразными примѣрами и, наконецъ, примѣнена та типографская вышность (весьма большія буквы въ формулахъ, рѣзкіе чертежи и т. под.), которою все болѣе пользуется современные авторы, особенно заграничій. Единственною неясностью является, по нашему мнѣнію, выраженіе вышней работы въ § 6 главы IV.

Заключеніемъ курса г. Марши являются интересныя главы о полезной энергіи и химическомъ и вольтаическомъ теплѣ.

Съ математической стороны разсматриваемое сочиненіе элементарно; лишь въ двухъ, трехъ мѣстахъ поставлены знаки интеграла, но нигдѣ не требуется отъ читателя умѣнья вычислять по способамъ высшей математики. Книга предназначается, какъ сказано въ введеніи, и для преподавателей средней школы, такъ какъ въ программу французскихъ лицеевъ за послѣднее время введены нѣкоторые вопросы изъ термодинамики.

В. П.

Technische Abhandlungen aus Wissenschaft und Praxis. Herausgegeben von Siegfried Herzog, Ingenieur. Zürich. Verlag von Alb. Raustein.

Zwölftes Heft. **Wechselstrom-Kommutatormotoren.** Von **Dr. F. Niethammer.** Mit 111 Abbild. Preis M. 3.

Коллекторные двигатели переменнаго тока. **Ф. Нитгаммера.** Съ 111 рис. Цюрихъ. Изданіе. А. Рауштейна. 1905 г. 84 стр. въ 8 д. л. Цѣна 3 м.=1 р. 50 к.

Судьба двигателя переменнаго тока съ коллекторомъ напоминаетъ собою судьбу самого переменнаго тока: изобрѣтенные и предложенные раньше другихъ, они были заброшены и, затѣмъ, по мѣрѣ измѣнившихся требованій жизни, были вновь вытиснены для замѣны и конкуренціи тѣхъ самыхъ системъ, которыми нѣкогда уступили мѣсто. Патенты Блати, инженера фирмы Ганцъ и К^о и Дери отъ Сименса и Гальске относятся къ 1886 году, Элигу Томсона къ 1887 году, а Вильсона къ 1889 году, т. е. всѣ эти системы были привилегированы еще до того времени, какъ Доливо-Добровольскимъ были построены первые двигатели съ вращающимся полемъ. Несмотря на громадное распространеніе, которое получили эти двигатели въ теченіе послѣднихъ десяти лѣтъ, въ особенности въ заводской практикѣ—для работы на мелкіе станки, они, тѣмъ не менѣе, тамъ, гдѣ число оборотовъ и нагрузка измѣняются въ большихъ предѣлахъ, какъ напримѣръ въ трамваяхъ, всегда уступали послѣдовательнымъ двигателямъ постоянного тока, гораздо болѣе эластичнымъ. И именно, какъ отвѣтъ на запросы электрической тяги, явились коллекторные двигатели переменнаго тока; изобрѣтатели стре-

милась соединить въ нихъ всѣ выгоды, представляемая эластичностью послѣдовательныхъ двигателей постоянного тока, съ тѣми, которыя получаютъ въ смыслѣ уменьшенія издержекъ на канализацію отъ примѣненія переменнаго, однофазнаго тока. Двигателей этихъ въ настоящее время патентовано значительное число, по теоріи ихъ имѣется уже не бѣдная литература въ видѣ многочисленныхъ монографій, но связныхъ сочиненій, посвященныхъ специально коллекторнымъ двигателямъ, пока не видно. и книга проф. Нитгаммера, насколько мнѣ извѣстно, предшественниковъ не имѣетъ.

Вся книжка, небольшая по объему (84 стр.), распадается на обычные отдѣлы: сначала идетъ историческій очеркъ параллельно съ перечисленіемъ различныхъ типовъ, затѣмъ слѣдуетъ теорія вмѣстѣ съ изслѣдованіемъ работы отдѣльныхъ частей двигателя, а въ концѣ помѣщена конструктивная часть, приемы расчета съ примѣрами выполненныхъ конструкцій.

Предварительное описаніе различныхъ системъ отличается излишней лаконичностью: получается впечатлѣніе, будто авторъ задался цѣлью перечислить наибольшее количество различныхъ патентовъ, а не изложить ходъ развитія коллекторныхъ двигателей.

Въ виду большого количества предложенныхъ системъ здѣсь болѣе, чѣмъ гдѣ бы то ни было, необходима строгая научная классификація, необходима отдѣленіе основныхъ типовъ, какъ послѣдовательный и репульсионный, двигателей отъ производныхъ, которыхъ теперь великое число, такъ какъ чуть ли не всякая большая фирма патентовала свою собственную систему.

Самая теорія изложена авторомъ съ достаточной общностью и простотою; онъ строитъ сначала общую диаграмму электродвижущихъ силъ, независимо отъ того, будетъ ли данный двигатель послѣдовательный, репульсионный или компенсированный. и затѣмъ примѣняетъ ее къ частнымъ случаямъ. Благодаря этому, выводъ зависимостей такихъ величинъ, какъ показатель мощности, вращающій моментъ и т. д., приобретаетъ однообразный характеръ и вмѣстѣ рѣзче проявляются особенности каждой системы.

Интересной является глава о коммутации въ коллекторныхъ двигателяхъ переменнаго тока. Здѣсь приходится бороться не только съ вліяніемъ самоиндукціи въ короткозамкнутой щеткой секціи обмотки, какъ въ случаѣ постоянного тока, но съ вліяніемъ разныхъ электродвижущихъ силъ, индуктированныхъ различными переменными магнитными полями. Средства, примѣняемая для этого, тѣ же, что и въ двигателяхъ постоянного тока: выборъ большого количества коллекторныхъ пластинъ, узкія щетки, перекрывающія лишь небольшое количество пластинъ, большое сопротивление соединеній коллектора съ секціями обмотки, примѣненіе петлеобразной обмотки и т. д.

Извѣстно, что показатель мощности $\cos \phi$ у большинства коллекторныхъ двигателей очень малъ при пускѣ въ ходъ, а именно менѣе чѣмъ 0,5, но за то неопредѣленно возрастаетъ съ увеличеніемъ числа оборотовъ и можетъ даже достигнуть величинъ весьма близкихъ къ единицѣ. Авторъ весьма ясно и толково излагаетъ, какъ этого достигнуть, и способы имъ предлагаемые, не отличаясь новизною, ясно вытекаютъ изъ предыдущихъ теоретическихъ разсужденій. Для этого послѣдовательный и репульсионный двигатели необходимо конструировать такъ, чтобы число амперъ витковъ якоря было бы въ нѣсколько разъ больше числа амперъ витковъ поля и чтобы число оборотовъ двигателя превышало бы число периодовъ тока и т. д.

Пуску въ ходъ посвящена отдѣльная глава (стр. 52—59), гдѣ авторъ кратко описываетъ приспособленія для того, чтобы смягчить внезапный толчекъ

при троганіи съ мѣста вагона, когда вмѣстѣ съ наибольшимъ вращающимъ моментомъ въ двигателѣ возникаетъ максимальный токъ. Для этого при однофазномъ переменномъ токѣ примѣняются обыкновенные трансформаторы, регуляторы напряжения и даже обыкновенные безиндуктивныя сопротивления— въ тѣхъ случаяхъ, когда двигатель предназначенъ для питанія, какъ обыкновеннымъ переменнымъ токомъ, такъ и постояннымъ. Въ этой же главѣ описаны приспособленія для переменнаго хода на обратный.

Слѣдующія главы описываютъ регулированіе числа оборотовъ и условия работы двигателей, какъ генераторовъ, а также особенности двигателей, работающих, какъ постояннымъ, такъ и переменнымъ токомъ. Послѣднія двѣ главы заняты конструкціями и примѣрами, а также изложеніемъ приемовъ расчета.

Большой пробѣлъ представляетъ отсутствіе литературы, тѣмъ болѣе, что о многихъ предметахъ авторъ говоритъ кратко, почти вскользь, а въ немногихъ имѣющихся выносахъ ссылается все болѣе на свои собственные сочиненія. Въ чемъ нельзя отказать этой книжкѣ—это въ свѣжести и полнотѣ: все, что сдѣлано и написано по этому предмету, до самаго послѣдняго времени, включено авторомъ въ эту книжку, и этимъ, быть можетъ, объясняется и извиняется нѣсколько компилятивный, отрывочный характеръ книги Нитгаммера. Изданіе, какъ всѣ выпускаемая этой фирмой, очень изящно.

И. Троицкій.

НОВЫЯ ИЗДАНИЯ.

Repetitorien der Elektrotechnik herausgegeben von **A. Königsworther**. I Band. **Physikalische Grundlagen der Gleich und Wechselstromtechnik**. Von **A. Königsworther**. Hannover. **Max Jänecke** Verl. 1905. Preis 3 м. 20.

А. Кенигсвертеръ. Физическія основанія техники постоянного и переменнаго тока. Ганноверъ. Изданіе **М. Яенеке** 1905 г. Цѣна 3 м. 20 пф.—1 р. 60 к.

Monographien über angewandte Elektrochemie. XX Band. Die Elektrolyse geschmolzener Salze. Erster Teil. **Verbindungen und Elemente** von **Richard Lorenz**. Mit 9 in den Text gedruckten Abbildungen. Halle a. S. 1905. Preis 8 М.

Электролизъ солей въ расплавленномъ состояніи. I часть. Элементы и ихъ соединенія. **Рихарда Лоренца.** Съ 9 рис. въ текстѣ. Галле. 1905. VIII+217 стр. in 8°. Цѣна 8 м.—4 руб.

Traité pratique d'électrochimie. Par **Richard Lorenz**. Librairie Gauthier-Villars. Paris. In 8 VI+323 pages avec 77 fig. Prix 9 г.

Практическое руководство по электрохиміи. **Р. Лоренца.** Парижъ. Въ 8 д. л. VI+323 стр. съ 77 фиг. Цѣна 9 фр.—3 р. 60 к.

Leçons d'électrotechnique générale professées à l'école supérieure d'électricité. Par **P. Janet**. Deuxième édition. Vol. II. Paris. Gauthier-Villars. 1905 г.

Курсъ общей электротехники, читанный въ Парижской высшей электротехнической школѣ П. Жане. 2-ое изданіе. Т. II. Парижъ. 1905 г.