

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

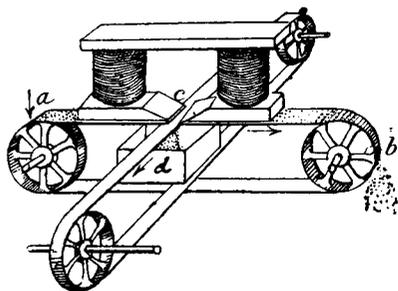
Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

## Магнитное обогащеніе желѣзныхъ рудъ.

(Продолженіе \*).

Опишемъ сначала схематически различные типы (ихъ нѣсколько) аппарата Д. Уэзерия. Фиг. 1 представляетъ схему наиболѣе распространеннаго, стараго типа аппарата (америк. привилегія № 517739). Измельченная руда въ *a* поступает на бесконечную ленту горизонтальнаго транспортера \*\*, движущуюся въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Транспортеромъ руда уносится въ *e*, гдѣ и попадаетъ въ сильное магнитное поле, обра-



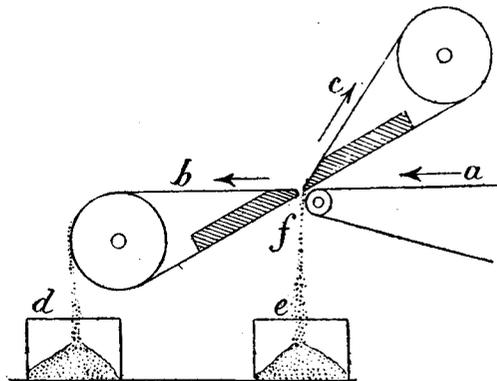
Фиг. 1.

зованное клинообразно скошенными массивными полюсными наконечниками электромагнита. Здѣсь парамагнитныя частицы притягиваются полюсами электромагнита и уносятся изъ магнитнаго поля бесконечной лентой втораго транспортера, расположеннаго подъ угломъ въ  $90^\circ$  къ первому. Лента этого втораго транспортера конечно проходитъ надъ лентой перваго, такъ что парамагнитныя частицы уносятся внутренней стороной бесконечной ленты. Выйдя изъ области магнитнаго поля, они тотчасъ падаютъ въ особый приемникъ *d*. Діамагнитныя частицы, оставаясь все время на лентѣ перваго транспортера, переносятся имъ въ *b*, откуда и ссыпаются въ особый приемникъ.

Фиг. 2 даетъ намъ схему другого видоизмѣненія аппарата. На фигурѣ заштрихованныя части указываютъ взаимное расположеніе клино-

образно срезанныхъ полюсныхъ наконечниковъ сильнаго электромагнита. Стрѣлки указываютъ направленіе движенія бесконечныхъ лентъ транспортеровъ; здѣсь ихъ три.

Загрузка измельченной руды происходитъ въ *a*; магнитное поле должно быть настолько сильно, чтобы заставить парамагнитныя частицы перейти въ горизонтальномъ направленіи съ ленты *a* на ленту *b*; діамагнитныя частицы съ ленты *a* падаютъ въ приемникъ *e*. Интересно наблюдать въ этой модели аппарата движеніе магнитныхъ частицъ: слѣдуя направленію силовыхъ линий поля, частицы сначала съ ленты *a* поднимаются вверхъ



Фиг. 2.

и уносятся лентой транспортера *c*, чтобы затѣмъ, сдѣлавъ скачекъ въ горизонтальномъ направленіи, попасть на ленту *b*, а оттуда въ приемникъ *d*. Машины вышеописаннаго типа въ особенности пригодны для обогащенія рудъ, легко поддающихся измельченію и поэтому сильно измельченныхъ; они дадутъ превосходные результаты при обогащеніи цинковыхъ рудъ и колчедановъ.

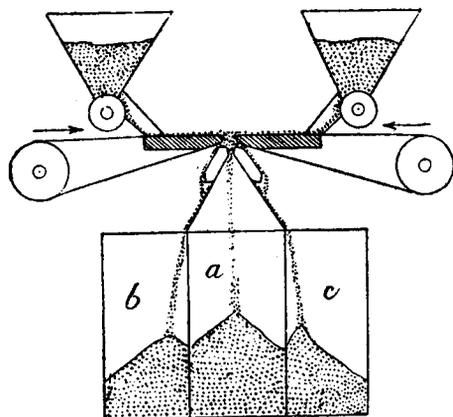
Фиг. 3 вполне понятно безъ объясненій даетъ схему дѣйствія третьей модели аппарата Уэзерия. Діамагнитныя частицы поступаютъ въ *a*, парамагнитныя въ *b* и *c*.

Четвертый типъ аппарата схематически представленъ на фиг. 4. Заштрихованныя части на чертежѣ по прежнему представляютъ полюсныя наконечники электромагнита; стрѣлки указываютъ направленіе движенія лентъ двухъ транспортеровъ; загрузка происходитъ въ *a*, парамагнитныя

\*) См. „Электричество“, т. г. № 5, стр. 67.

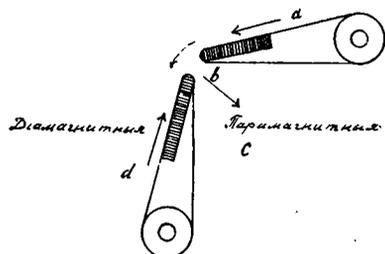
\*\*) Чаше всего каучуковая, иногда ремень, рѣже проклеенная въ нѣсколько слоевъ грубая парусина.

частицы въ *b*, подъ влияніемъ дѣйствія сильнаго магнитнаго поля, получаютъ уклоненіе отъ траекторіи своего движенія и падаютъ въ *c*; діамантинныя частицы продолжаютъ свободно падать въ *d*.  
 Всѣ описанные выше типы аппарата Д. Уэзе-



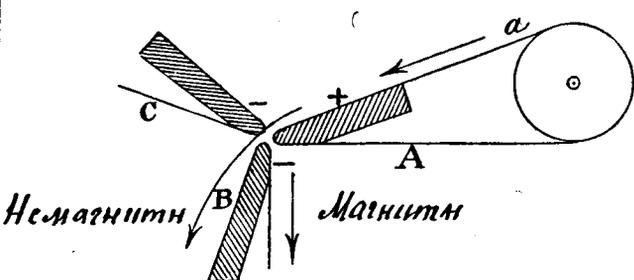
Фиг. 3.

риля представляютъ то существенное неудобство, что они снабжены нѣсколькими транспортерами, ленты которыхъ подъ дѣйствіемъ тренія движутъ-



Фиг. 4.

щейся по нимъ измельченной руды (зерна руды, а въ особенности пустой породы, часто угловаты и весьма тверды) изнашиваются весьма быстро.

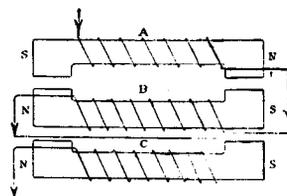


Фиг. 5.

Кромѣ того, благодаря той же причинѣ (нѣсколько транспортеровъ), аппараты эти (1—4 типъ) обладаютъ вторымъ еще болѣе важнымъ и существеннымъ недостаткомъ ихъ конструкции: разстояніе между полюсными наконечниками электромагнитовъ

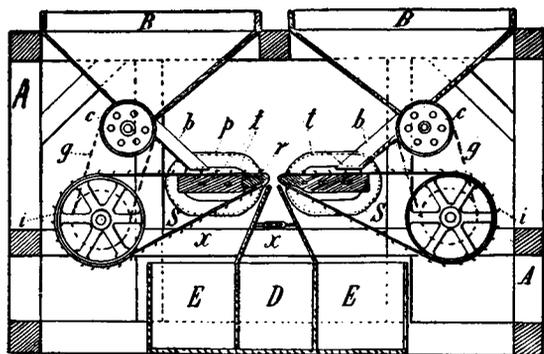
должно быть взято для возможности движенія лентъ транспортеровъ, болѣе необходимаго.

Такимъ образомъ, чисто конструктивныя соображенія (провисаніе безконечной ленты транспортера и т. п.) полагаютъ здѣсь предѣль концентрации силовыхъ линий поля на площади весьма малаго сѣченія. Обстоятельство это въ высшей степени неудобно.



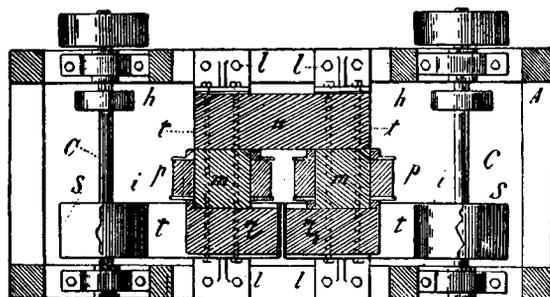
Фиг. 6.

Чтобы бороться съ этимъ неудобствомъ, приходится волей-неволей, желая получить сильное магнитное поле, приналегать на количество амперъ-



Фиг. 7.

витковъ въ обмоткахъ электромагнитовъ, что, конечно, влечетъ за собой какъ бесполезный расходъ электрической энергіи, такъ и излишнюю

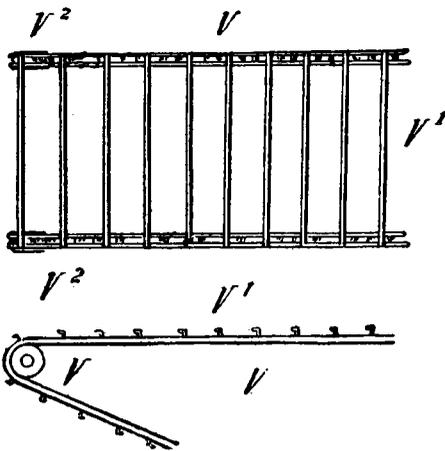


Фиг. 8.

затрату мѣди, не говоря уже о томъ, что такое увеличеніе числа амперъ-витковъ имѣетъ и свой предѣль.

Всѣ вышеописанныя неудобства заставили изобрѣтателя конструировать послѣднюю по времени модель своего аппарата, схематически изображенную на фиг. 5. Здѣсь мы имѣемъ уже три по-

люса и лишь одинъ транспортеръ. Фиг. 6 изображаетъ направление обмотки на электромагнитахъ аппарата.

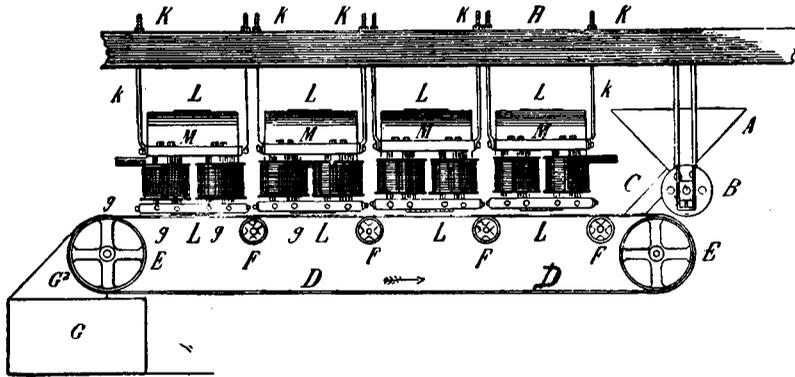


Фиг. 9 и 10.

Перейдемъ теперь къ описанію деталей устройства аппаратовъ Д. Уэзерия.

ную и равномерную подачу иногда весьма сильно измельченной руды. На этихъ фигурахъ А—рама аппарата; въ верхней части рамы помѣщены засыпная воронка В. Изъ этихъ воронокъ руда посредствомъ питательнаго аппарата (или же посредствомъ регулярныхъ сотрясеній самихъ воронокъ) и желобовъ *b* поступаетъ ровной струей на ленты транспортеровъ. Сильный электромагнитъ *t* помѣщенъ поперекъ рамы и утверждёнъ на балкахъ *l*, укрѣпленныхъ анкерными болтами. Обмотки электромагнита *p* (фиг. 8) навиты въ обратномъ направленіи, такъ что массивные клинообразные полюсные наконечники *r* и *r*<sub>1</sub> представляютъ собою разноименные полюсы магнита, между которыми мы и получаемъ сильно сконцентрированное магнитное поле. Магнитная цѣпь электромагнита замкнута съ другой стороны соединительной полюсой *n*.

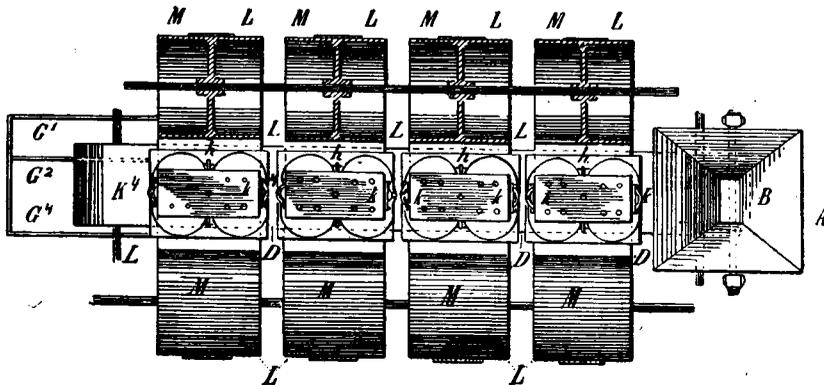
Клинообразные полюсные наконечники *v* и *v*<sub>1</sub> весьма быстро изнашиваются отъ тренія огибающихъ ихъ лентъ транспортеровъ, отчего ихъ всегда дѣлаютъ подвижными, чтобы имѣть возможность сблизять ихъ по мѣрѣ ихъ изнашивания. Способъ дѣйствія аппарата понятенъ безъ



Фиг. 11.

Фиг. 7 представляет (соответственно схемѣ фиг. 3) общее устройство аппарата (поперечный раз-

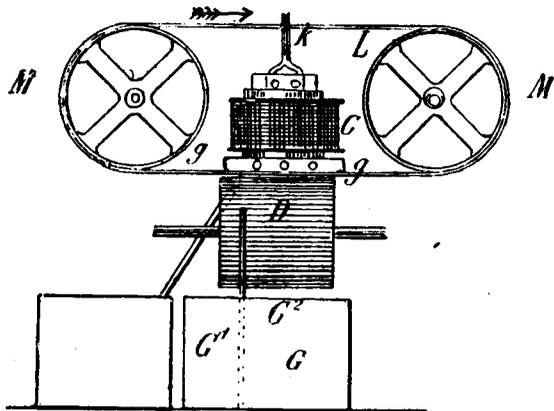
дальнѣйшихъ объясненій. Вышеописанный аппаратъ можетъ служить для обогащенія весьма



Фиг. 12.

рѣзъ); фиг. 8—горизонтальный разрѣзъ; фиг. 9 и 10—устройство ленты транспортера, снабженной поперечными выступами, чтобы облегчить правильную подачу слабоманитныхъ рудъ, каковы, напр. гематиты. Если пустить въ опытѣ на аппаратъ смѣсь пекуну и гематита (измельченнаго до 3 мм.) и ре-

гулировать питательный приборъ аппарата такъ, что руда на лентахъ транспортеровъ ложилась слоємъ около 3 мм., то аппаратъ почти цѣликомъ отдѣляетъ гематитъ. Катушки  $p$  (фиг. 8), въ 1050 витковъ каждая, изъ мѣдной изолированной проволоки въ 2,5 мм. діаметромъ; аппаратъ

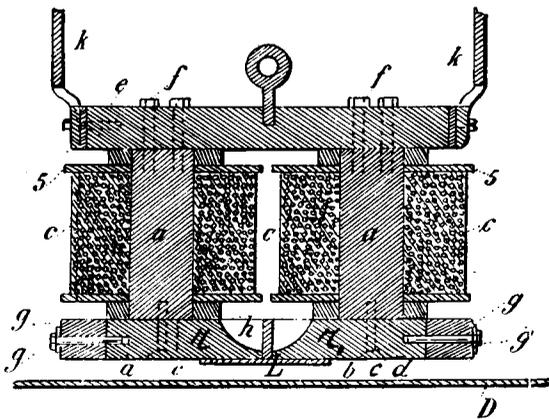


Фиг. 13.

при этомъ опытѣ беретъ 8,5 амп., при 20—25 вольтъ; полюсные наконечники сближены на разстояніе 22 мм.

Скорость движенія лентъ транспортеровъ около 15 метровъ въ минуту.

Нижеслѣдующія фигуры дадутъ намъ детали аппарата Уэзерия, конструированнаго по схемѣ



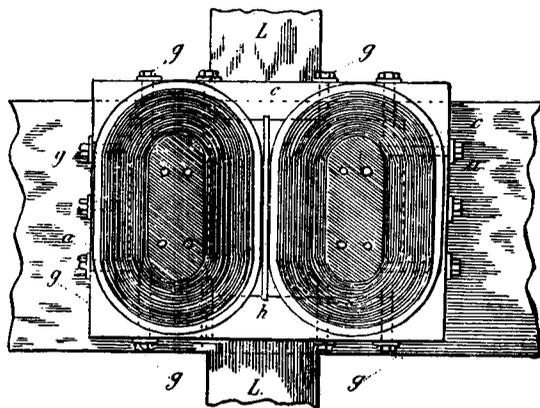
Фиг. 14.

на фиг. 1, съ двумя перекрещивающимися подъ угломъ въ  $90^\circ$  транспортерами (америк. привил. № 517739). Фиг. 11 — вертикальный разрѣзъ; фиг. 12 — разрѣзъ горизонтальной плоскостью; фиг. 13 — видъ сбоку; фиг. 14 представляетъ вертикальный разрѣзъ электромагнита аппарата, а фиг. 15 горизонтальный разрѣзъ того же электромагнита по линіи 5—5 на фиг. 14.

На фиг. 11—13 А — засыпная воронка, В — питатель, распредѣляющій измельченную руду на питающей лентѣ D транспортера тонкимъ слоємъ около 3 мм. толщиной и шириною, равною ширинѣ

ширины полюсныхъ наконечниковъ  $r, r_1$  электромагнита (фиг. 14).

Обыкновенно, полюсные наконечники здѣсь имѣются 170 мм. длиною, 62 мм. толщиной и 200 мм. шириною. Такимъ образомъ, руда поступаетъ изъ питателя В черезъ желобъ С (фиг. 11) на питающее полотно транспортера D слоємъ въ 3 мм. толщиной и 175—180 мм. шириною. Электромагнитъ этого аппарата детально изображенъ на фиг. 14 и 15. Пластина  $h$ , помещенная между полюсными наконечниками, обыкновенно каучуковая; всѣ электромагниты штангами  $k$  подвѣшены къ общей балкѣ Н; посредствомъ гайки К (фиг. 11) можно измѣнять разстояніе электромагнитовъ отъ питающей ленты D транспортера. Въ аппаратѣ,



Фиг. 15.

представленномъ на фиг. 11—15, четыре электромагнита имѣютъ одинъ общій питающій транспортеръ D и дѣйствуютъ послѣдовательно; количество электромагнитовъ въ аппаратахъ этого типа часто бываетъ и болѣе 4-хъ въ зависимости отъ состава руды, часто представляющей собою смѣсь цѣлага ряда соединений, которыя желательно раздѣлить, пользуясь ихъ различной магнитной проницаемостью. Въ зависимости отъ степени магнитной проницаемости зеренъ каждаго изъ соединений, находящихся въ общей рудной массѣ, варьируетъ и токъ, циркулирующій въ обмоткѣ каждаго изъ послѣдовательно работающих въ аппаратѣ электромагнитовъ.

Горный Инженеръ Е. А. Л.

(Окончаніе слѣдуетъ).

### Счетчики трехфазнаго тока.

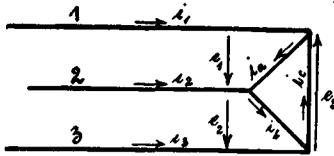
Статья инженера Г. Мёллингера.

Уравненія для измѣренія мощности. Измѣренія помощью включенія въ цѣпь динамометровъ.

Мощность трехфазной системы съ тремя проводниками въ моментъ  $t$  выражается

$$P = G_1 e_1 + G_2 e_2 + G_3 e_3 \quad (I)$$

гдѣ, согласно фиг. 16,



Фиг. 16.

$e_1, e_2, e_3$  обозначаютъ напряжения между 3 проводами и  $i_a, i_b, i_c$  соответствующіе токи въ моментъ  $t$ .

Съ помощью уравненій

$$\begin{aligned} e_1 - e_2 + e_3 &= 0 \\ i_1 &= i_a - i_c \\ i_2 &= i_b - i_a \\ i_3 &= i_c - i_b \end{aligned}$$

можно изъ уравненія (1) составить цѣлый рядъ соотношеній, членами которыхъ являются вышеупомянутые напряжения и токи.

Любое изъ этихъ отношеній можетъ быть употреблено для измѣренія мощности:

Вставивъ въ уравненіи (1):

$$e_3 = -e_1 - e_2$$

получимъ

$$Et = i_a e_1 + i_b e_2 - i_c (e_1 + e_2) = e_1 (i_a - i_c) + e_2 (i_b - i_c)$$

$$Et = e_1 i_1 - e_2 i_3 \quad (2).$$

Аналогично получаются и другія два уравненія

$$Et = e_2 i_2 - e_3 i_1 \quad (3)$$

$$Et = e_3 i_3 - e_1 i_2 \quad (4)$$

Складывая уравненія (2) и (3) получаемъ

$$2 Et = i_1 (e_1 - e_3) + e_2 (i_2 - i_3) \quad (5)$$

Складывая же уравненія 2, 3 и 4—получаемъ

$$3 Et = e_1 (i_1 - i_2) + e_2 (i_2 - i_3) + e_3 (i_3 - i_1) \quad (6)$$

или

$$3 Et = i_1 (e_1 - e_3) + i_2 (e_2 - e_1) + i_3 (e_3 - e_2) \quad (7)$$

Прибавляя къ послѣднему уравненію

$$-e_1 i_3 + e_1 i_3 = 0$$

получаемъ

$$3 Et = i_1 (e_1 - e_3) + i_3 e_3 - e_1 i_3 + i_2 (e_2 - e_1) - i_3 e_2 + i_3 e_1$$

$$3 Et = (i_1 - i_3) (e_1 - e_3) + (i_2 - i_3) (e_2 - e_1) \quad (8)$$

Изъ приведенныхъ здѣсь уравненій были впервые опубликованы Гьргесомъ уравненія 6 и 7 (ETZ, 1891, стр. 213). Онѣ дали возможность измѣрять трехфазный токъ съ 3 проводами.

Согласно уравненію (2), средняя мощность трехфазной системы за время  $T$  выразится:

$$E = \frac{1}{T} \int_0^T Et \, dt = \frac{1}{T} \int_0^T e_1 i_1 \, dt - \frac{1}{T} \int_0^T e_2 i_3 \, dt.$$

Эту величину можно измѣрить помощью двухъ динамометровъ I и II, расположенныхъ такъ, что черезъ подвижныя ихъ катушки проходятъ токи  $i_1$  и  $i_3$ , а на катушки напряжения дѣйствуютъ, какъ видно изъ фиг. 16а, электродвижущія силы  $e_1$  и  $e_3$ .

Такимъ образомъ, получимъ:

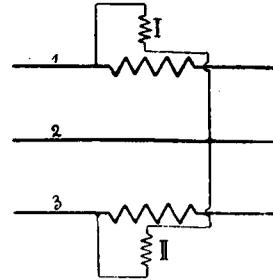
$$E = C_1 W_1 \alpha_1 - C_2 W_2 \alpha_2$$

гдѣ

$C_1, C_2; W_1, W_2$  и  $\alpha_1, \alpha_2$  обозначаютъ: постоянныя, шунтовыхъ сопротивленія и углы отклоненія динамометровъ.

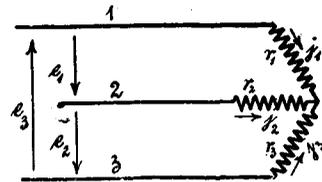
Чтобы при помощи двухъ динамометровъ измѣ-

рять мощность трехфазной системы, можно воспользоваться уравненіемъ (5) или (8).— Включивъ три со-



Фиг. 16а.

противленія безъ индукціи звѣздообразно въ цѣпь, согласно фиг. 17, получаемъ уравненія:



Фиг. 17.

$$\begin{aligned} j_1 r_1 - j_2 r_2 &= e_1 \\ j_2 r_2 - j_3 r_3 &= e_3 \\ j_1 + j_2 + j_3 &= 0 \end{aligned}$$

отсюда, имѣя въ виду, что  $e_1 + e_2 + e_3 = 0$ , получаемъ:

$$j_1 = \frac{r_3 e_1 - r_2 e_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3} \quad (9)$$

$$j_2 = \frac{r_1 e_2 - r_3 e_1}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3} \quad (10)$$

$$j_3 = \frac{r_2 e_3 - r_1 e_2}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3} \quad (10)$$

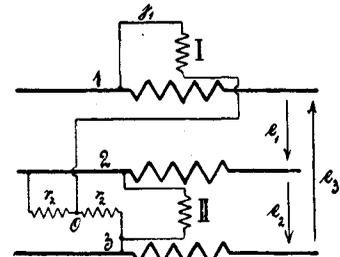
Вставивъ въ уравненіе (9)  $r_3 = r_2$ , получимъ:

$$j_1 = \frac{r_2 (e_1 - e_3)}{r_1 r_2 + r_2^2 + r_1 r_2} = \frac{e_1 - e_3}{2r_1 + r_2} \quad (11)$$

Вставляя это выраженіе въ уравненіе (5), получаемъ

$$2Et = i_1 j_1 (2r_1 + r_2) + e_2 (i_2 - i_3) \quad (12).$$

Отсюда видимъ, что удвоенная мощность трехфазной системы получается посредствомъ сложения данныхъ двухъ динамометровъ, включенныхъ въ цѣпь по фиг. 18.



Фиг. 18.

Чрезъ катушку тока динамометра I проходитъ токъ  $i_1$ , а чрезъ катушку напряжения токъ  $j_1$ . Токъ  $j_1$  отвѣтвляется изъ точки O сопротивленія  $2r_2$  (включеннаго между проводами 2 и 3) и отъ провода 1.— Динамометръ II имѣетъ 2 катушки тока, чрезъ одну изъ нихъ проходитъ токъ  $i_2$ , чрезъ другую  $i_3$ ,— и одну

катушку напряженія, включенную между проводами 2 и 3.

Обозначив сопротивление катушки напряженія динамометра II чрезъ  $w$  и проходящій чрезъ нее токъ чрезъ  $j$ , преобразуемъ уравненіе (12) слѣдующимъ образомъ:

$$2Et = i_1 (2r_1 + r_2) + i_2 jw - i_3 jw \dots (13)$$

Если динамометръ I имѣетъ постоянную  $C_1$  и динамометръ II постоянную  $C_2$  или  $C_3$ , смотря по тому вліяетъ ли катушка, соединенная съ проводомъ 2 или 3,—то моменты вращенія выражаются слѣдующимъ образомъ:

$$D_1 = \frac{I}{C_1} i_1 j_1$$

$$D_2 = \frac{I}{C_2} i_2 j_2$$

$$D_3 = \frac{I}{C_3} i_3 j_3$$

и уравненіе (13) преобразуется въ

$$2Et = C_1 D_1 (2r_1 + 2r_2) + C_2 D_2 w + C_3 D_3 w \dots (14)$$

Выбравъ сопротивления такъ, чтобы

$$C_1 (2r_1 + r_2) = C_2 w_2 = C_3 w_3 = C$$

получимъ

$$2Et = C (D_1 + D_2 + D_3) = CD \dots (15)$$

Включая въ цѣпь два непосредственно соединенныхъ динамометра I и II согласно фиг. 18, получаемъ мощность  $2Et$  непосредственно, если постоянныя соотвѣтствуютъ уравненіямъ 15. (ETZ. 1896. стр. 6. Фиг. 9). Основываясь на уравненіи (8), можно придумать еще другое расположеніе динамометровъ.

Пусть въ фиг. 17

$$r_1 = r_2 = r_3 = r$$

тогда изъ уравненій (9) (10) и (10') имѣемъ

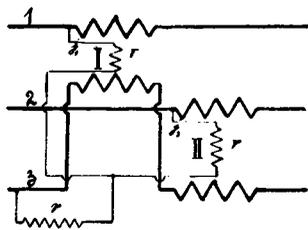
$$3rj_1 = e_1 - e_3; 3rj_2 = e_2 - e_1$$

$$3rj_3 = e_3 - e_2 \dots (15a)$$

II уравненіе (8) приметъ такой видъ:

$$Et = [(i_1 - i_3) j_1 + (i_2 - i_3) j_2] r \dots (16)$$

Согласно этому уравненію, мощность получается посредствомъ сложения отчетовъ двухъ динамометровъ, снабженныхъ каждый 2-мя катушками тока, которыя включены въ цѣпь по фиг. 19.



Фиг. 19.

Обѣ катушки напряженія, съ бифилярной обмоткой, имѣющей  $r$  омовъ сопротивленія, включены вмѣстѣ съ бифилярнымъ сопротивленіемъ  $r$  звѣздообразно въ цѣпь. Катушки токовъ динамометра I питаются токами  $i_1$  и  $i_3$ , а тѣ же катушки динамометра II токами  $i_2$  и  $i_3$ . Сумма отчетовъ двухъ такихъ динамометровъ при соответственномъ выборѣ постоянныхъ даетъ мощность трехфазной системы для данного момента \*).

\*) Сименсъ и Гальске. D. R. P. 107110. 27 мая 1897

Позволяемъ себѣ здѣсь, для полноты вопроса, привести еще

б) Измѣреніе работы трехфазной системы при помощи прибора, основаннаго на принципѣ Ферариса.

Согласно вышеизложенному, можно измѣрять работу трехфазной системы двумя счетчиками ватт-часовъ, построенными на динамометрическомъ принципѣ, которые, включаются въ цѣпь по схемамъ фиг. 16, 18 и 19.—Отсчеты обоихъ циферблатовъ нужно складывать.

Задача построить при помощи комбинаціи двухъ подобныхъ приборовъ счетчикъ трехфазнаго тока, по которому отсчетъ производился бы на одномъ циферблатѣ, очень трудна.

Движущаяся часть такого прибора должна носить обѣ катушки напряженія,—отчего она дѣлается очень громоздкой и тяжелой. Далѣе, необходимъ коллекторъ, со щетками—вслѣдствіе этого приборъ легко портится при перевозкѣ и въ работѣ. Его чувствительность, его постоянныя и другія качества мѣняются. Все это можетъ служить объясненіемъ того обстоятельства, что во всѣхъ почти установкахъ вмѣсто одного такого счетчика употребляютъ два включенные въ цѣпь по схемѣ 16а. Но способъ этотъ имѣетъ слѣдующія неудобства: на распределительной доскѣ нужно имѣть мѣсто для 2-хъ счетчиковъ, а главное приходится всегда наблюдать по двумъ циферблатамъ—алгебраически складывать отсчеты двухъ счетчиковъ, при этомъ легко сдѣлать ошибку.

Если для конструированія счетчика на динамометрическомъ принципѣ, уравненія (2, 5 или 8) мало пригодны, то ихъ съ успѣхомъ можно примѣнить для конструированія счетчика трехфазнаго тока по принципѣ Ферариса. На этомъ принципѣ основанъ счетчикъ фирмы Шуккертъ, модели  $FU$  для неравно нагруженной трехфазной системы.

Движущаяся часть этого счетчика состоитъ изъ одной только оси, на которой въ качествѣ якоря насажены двѣ алюминиевыя шайбы. Каждая изъ нихъ движется въ межжелезномъ пространствѣ шунтоваго магнита. Справа и слѣва этого магнита

нѣкоторые уравненія. Пусть  $e_a, e_b, e_c$  будутъ напряженія между проводами 1, 2, 3 и точкой  $O$ . Такъ что

$$e_1 = e_a - e_b; e_2 = e_b - e_c$$

тогда уравненіе (2) получаетъ видъ

$$Et = i_1 (e_a - e_b) + i_3 (e_c - e_b)$$

Соединивъ  $O$  съ каждымъ проводомъ чрезъ сопротивленіе  $r$ , получаемъ

$$E = r [i_1 (j_1 - j_2) + i_3 (j_3 - j_2)] \dots (a)$$

и далѣе

$$Et = r [i_1 (2j_1 + j_3) + i_3 (2j_3 + j_1)] = r [j_1 (2i_1 + i_3) + j_3 (i_1 + 2i_3)] \dots (b)$$

или

$$Et = r (i_1 j_1 + i_2 j_2 + i_3 j_3) \dots (c)$$

Для пользованія уравненіемъ (a) нужны два динамометра. Катушка тока каждаго прибора вліяетъ на двѣ катушки напряженія. (D. R. P. 107110 фиг. 4). Для пользованія уравненіемъ (b) нуженъ только одинъ динамометръ съ 2 катушками напряженія и двумя для тока. Каждая катушка тока вліяетъ одновременно на обѣ катушки напряженія, при этомъ на одну въ два раза сильнѣе, чѣмъ на другую. С. Н. D. R. P. 109908. IX. 98). Для примѣненія уравненія (c) нужны 3 динамометра (Fröhlich. ETZ. 1893 стр. 574). При симметричной и симметрично нагруженной трехфазной системѣ показываютъ всѣ 3 динамометра одинаково, и поэтому въ подобныхъ случаяхъ достаточно одного динамометра, чрезъ катушку тока котораго проходить токъ  $i_1$ , а катушка напряженія находится между 1 и серединой сопротивленія  $2r$ , включеннаго въ цѣпь между

проводами 2 и 3. Динамометръ указываетъ  $\frac{1}{3}E$ . (См. Behn-Eschenburg. ETZ. 1896, стр. 182).

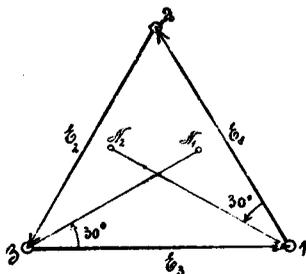
находится по катушкѣ главнаго тока. Обѣ нижнія катушки главнаго тока вліяютъ вмѣстѣ съ нижнимъ шунтовымъ магнитомъ на нижнюю шайбу  $S_2$ , а обѣ верхнія катушки главнаго тока вмѣстѣ съ верхнимъ шунтовымъ магнитомъ вліяютъ на верхнюю шайбу  $S_1$ .  
Какъ извѣстно (см. *ETZ* 1898, стр. 607), работа однофазнаго переменнаго тока

$$A = \int_0^T e_1 i_1 dt$$

можетъ быть измѣрена счетчикомъ, основаннымъ на принципѣ Ферариса. Счетчикъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы неподвижныя катушки, питаемыя токомъ  $i_1$ , одновременно съ электромагнитомъ, питаемымъ токомъ отъ напряженія  $e_1$ , взаимно дѣйствовали на могущій вращаться металлическій дискъ. При этомъ должно быть соблюдено условіе, чтобы, если  $e_1$  и  $i_1$  находятся въ одной фазѣ; т.-е., цѣпь не содержитъ самоиндукціи,—создаваемая ими магнитныя поля разнились, по фазѣ, на  $90^\circ$ .

Можно, на примѣръ, устроить такъ, чтобы магнитное поле, возбужденное катушкой напряженія, отставало отъ напряженія  $e_1$  на  $90^\circ$ , магнитное поле, возбужденное катушкой тока, находилось съ токомъ  $i_1$  въ равной фазѣ. — Согласно уравненію (2) для трехфазной системы нужны для счетчика по принципу Ферариса два шунтовые магнита съ полями  $N_1$  и  $N_2$ , которыя перпендикулярны къ  $e_1$  и  $e_2$ . Изъ нихъ  $N_1$  вмѣстѣ съ катушкой, черезъ которую проходитъ токъ  $i_1$ , вліяетъ на вращающийся металлическій дискъ, точно также поле  $N_2$  вмѣстѣ съ катушкой, питаемой токомъ  $i_2$ , вліяетъ на другой дискъ.— Оба эти металлические диска должны быть насажены на одной общей оси. Трудность возбудить магнитное поле, отстающее отъ возбуждающаго его напряженія на  $90^\circ$ , можно въ данномъ случаѣ обойти, ибо предположивъ, что всѣ 3 напряженія трехфазной системы между собой равны и отстаютъ другъ отъ друга на  $120^\circ$ , можно на мѣсто напряженій  $e_1$  и  $e_2$ , возбуждающихъ  $N_1$  и  $N_2$ , воспользоваться другими напряженіями трехфазной системы.

Можно, напр., обѣ катушки напряженія построить такъ, чтобы ихъ магнитныя поля отставали бы на  $30^\circ$  отъ возбуждающихъ ихъ напряженій, которыми могутъ служить  $E_2$  и  $E_1$ . Тогда возбужденныя ими поля  $N_1$  и  $N_2$ , какъ видно изъ фиг. 20, гдѣ амплитуды  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  напряженій  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  составляютъ равнобедренный треугольникъ \*) будутъ соответственно отставать



Фиг. 20.

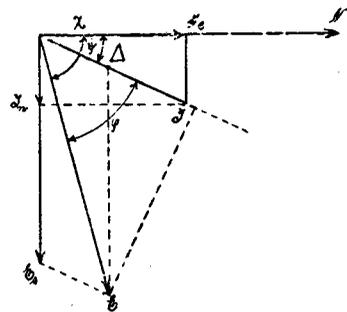
на  $90^\circ$  отъ  $E_1$  и  $E_2$ . Или можно обѣ катушки напряженій такъ построить, чтобы ихъ омное сопротивление въ сравненіи съ самоиндукціей было бы очень большимъ, такъ что магнитное поле, напряженіе и токъ находились почти въ одной и той же фазѣ.

Начало одной катушки соединяютъ съ проводомъ 3—начало другой съ проводомъ 1; и затѣмъ соеди-

няютъ концы обѣихъ катушекъ съ проводомъ  $Z$  помощью бифилярнаго сопротивленія  $2r$ , имѣющаго столько омовъ, сколько каждая изъ катушекъ напряженія въ отдѣльности. Тогда въ первой катушкѣ будетъ поле, отстающее на  $90^\circ$  отъ  $E_1$ , а въ другой на  $90^\circ$  отъ  $E_2$  \*).

Чтобы при такомъ шунтовомъ магнитѣ получить сильныя поля при затратѣ малаго количества энергіи, нужно обратить вниманіе на нижеслѣдующее сопоставленіе отдѣльныхъ величинъ \*\*).

Отвѣтственный токъ  $I$  (фиг. 21) раздѣляется на двѣ перпендикулярныя составляющія:  $J_e$  — возбуждательный и  $J_w$ —ваттный токъ. Съ первымъ находится въ фазѣ  $N$  (количество силовыхъ линий), а  $E_s$  — обрат-



Фиг. 21.

ная электродвижущая сила отстаетъ отъ него на  $90^\circ$ .—Потеря напряженія  $\Delta$  находится въ одной фазѣ съ  $J$ . Изъ  $E_s$  и  $\Delta$  получается  $E_1$  напряженіе у зажимовъ электромагнита.

Далѣе извѣстно, что

$$i' \cos \psi = i_e = p \cdot \frac{N}{s}$$

гдѣ обозначаетъ

$p$  — магнитное сопротивленіе,  $s$  — число витковъ обмотки магнита.

Отсюда

$$i' = \frac{p \cdot N}{s \cdot \cos \psi}$$

Подставивъ сюда

$$s = \frac{10^8 e's}{4.44 \cdot p \cdot N}$$

гдѣ  $p$  обозначаетъ частоту тока, получаемъ

$$i' = \frac{p \cdot N}{\cos \psi} \cdot \frac{4.44 p N}{10^8 e's}$$

Далѣе изъ рисунка видно, что

$$e's = e' \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \psi}$$

Окончательно, мы получаемъ—для расхода энергіи ( $Q$ ) въ шунтовомъ электромагнитѣ такое выраженіе:

$$Q = e'i' \cos \varphi = 4.44 \cdot 10^{-8} p \cdot N^2 p \cdot \cotg \varphi \quad (17)$$

Изъ этого уравненія видно, что количество энергіи необходимо для полученія  $N$  силовыхъ линий,—пропорціонально магнитному сопротивленію  $p$  и  $\cotg$  угла  $\varphi$ , между напряженіемъ и токомъ. Отсюда при вычисленіи шунтоваго электромагнита нужно забо-

\*) Сменсъ Гальске. D. R. P. № 99634. 16. VIII. 1896.

\*\*\*) Амплитуды обозначены большими буквами, дѣйствующія величины малыми буквами со штрихами.

$$(e' = \frac{E}{\sqrt{2}} \text{ и др.})$$

\*) Гуммель D. R. P. 101869. 10. I. 1897 в Sammlung elektrotechnischer Vorträge

тяться о томъ, чтобы его магнитное сопротивление было бы малымъ, а уголъ  $\psi$  былъ бы какъ можно больше, ибо съ уменьшениемъ  $\varphi$ ,  $Q$  возрастаетъ. При  $\varphi = 30^\circ$  расходъ энергии будетъ въ два раза больше, чѣмъ при  $\varphi = 60^\circ$ . — Относительно  $\psi$  можно замѣтить слѣдующее:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{I_w}{I_e}$$

Уголъ  $\psi$  зависитъ отъ конструкции магнита, отъ вращающагося диска, равно какъ и отъ ихъ взаимнаго положенія. При одномъ и томъ же числѣ переменъ тока  $\psi$  измѣняется вмѣстѣ съ  $N$ , но измѣненіе это не велико, если потеря вследствие токовъ Фуко больше, чѣмъ вследствие гистерезиса, что имѣетъ мѣсто въ данномъ случаѣ, благодаря токамъ, индуктированнымъ въ вращающемся кругѣ.

Въ счетчикахъ трехфазнаго тока, изготовляемыхъ электрическимъ обществомъ Шукертъ и К<sup>о</sup> въ Нюрнбергѣ— $\rho = 0,024$ , а уголъ  $\psi = 20^\circ$ . П включеніе выбрано такъ, что уголъ  $\varphi$  можетъ быть сдѣланъ очень большимъ. Какъ уже было сказано, въ основаніе устройства счетчика  $FU$  положено уравненіе (2). Обмотки шунтовыхъ электромагнитовъ  $S_1$  и  $S_2$  рассчитаны такъ, чтобы магнетизмъ при

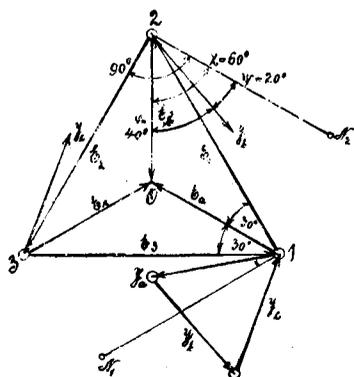
$$e'_a = \frac{e'_1}{1,732} \text{ вольтъ}$$

отстасть отъ напряжения на  $\lambda = 60^\circ$ , отвѣтвленный токъ отстасть отъ напряжения на

$$\varphi = \lambda - \psi = 60^\circ - 20^\circ = 40^\circ.$$

Начало обмотки одного шунтоваго магнита соединено съ проводомъ 1, начало другого съ 2 и оба вмѣстѣ съ индукціонной катушкой включены звѣздообразно въ цѣль трехфазнаго тока.—Катушка эта имѣетъ тотъ же уголъ  $\varphi$  между токомъ и напряженіемъ, какъ каждая изъ шунтовыхъ катушекъ.

Такимъ образомъ, въ катушкѣ, соединенной съ проводомъ 2, получается поле перпендикулярное къ  $E_2$  и въ катушкѣ, соединенной съ проводомъ 1, поле перпендикулярное къ  $E_1$ , какъ показано на фиг. 22, гдѣ  $E_a$ ,  $E_b$  и  $E_c$  обозначаютъ напряженія между 0 и проводами 1, 2 и 3, а  $J_a$ ,  $J_b$ ,  $J_c$  — соответствующіе токи. Такъ какъ поле  $N_1$  электромаг-



Фиг. 22.

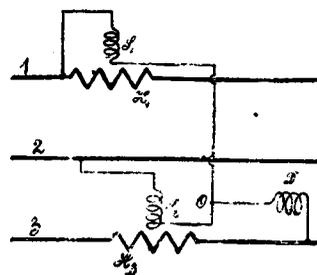
нита  $S_1$  должно находиться во взаимодействіи съ токомъ  $i_1$  и поле  $N_2$  электромагнита  $S_2$  съ токомъ  $i_2$ , то получаемъ включеніе по фиг. 23 \*), при чемъ обѣ верхнія боковыя катушки главнаго тока счетчика  $FU$ , равно какъ и обѣ нижнія боковыя катушки включены въ цѣль послѣдовательно; первая пара катушекъ питается токомъ  $i_1$  вторая же пара токомъ  $i_2$ .

Для устройства счетчика на принципѣ Ферариса можно воспользоваться уравненіемъ (5). При

этомъ (см. диаграмму на фиг. 24),—если  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$  между собой равны, то напряженіе  $E_1 - E_3$  перпендикулярно къ  $E_2$  и равно

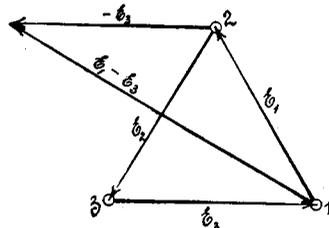
$$E_1 - E_3 = 2E_1 \cos 30^\circ = 1,732E_1.$$

Отсюда видно, что оба электромагнита ( $S_1$  находящійся во взаимодействіи съ токомъ  $i_1$  и  $S_2$ —съ то-



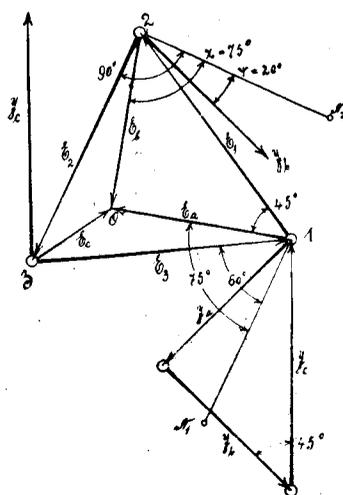
Фиг. 23.

ками  $i_2$  и  $i_3$ ) могутъ быть питаемы однимъ и тѣмъ же напряженіемъ  $E_2$ , но поле  $S_1$  должно находиться въ одной фазѣ съ напряженіемъ  $E_2$ , а поле  $S_2$ —отставать на  $90^\circ$ . Кроме того, поле электромагнита



Фиг. 24.

$S_1$  должно быть въ 1,732 раза интенсивнѣе, чѣмъ поле  $S_2$ . Для полученія такихъ полей можно воспользоваться цѣлымъ рядомъ включеній \*). Наи-



Фиг. 25.

меньшей затраты энергіи требуетъ слѣдующее включеніе.

Оба шунтовые магнита  $S_1$  и  $S_2$  обмотаны такъ,

\*) D. R. P. № 100748 20. V. 1897 Меллингерь.

D. R. P. № 105087 13. XI 1897 " "

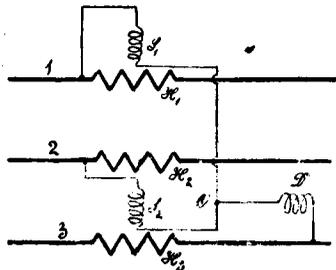
D. R. P. № 107682 8. II 1899 " "

\*) Меллингерь. D. R. P. 108 354. Z. XI. 1897.

что при  $e'_a = 0,707e'$ , вольт магнетизм отстаёт от напряжения на угол  $\chi = 75^\circ$ , а отвѣтвленный ток на угол.

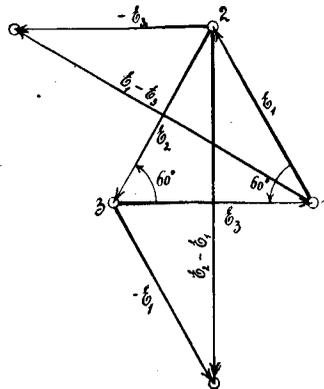
$$\varphi = \chi - \psi = 55^\circ$$

Начало обмотки одного шунтового магнита соединено съ проводомъ 1, а начало другого съ проводомъ 2, оба магнита вмѣстѣ съ реактивной катушкой  $D$



Фиг. 26.

дѣйствию съ  $i_1$ , а поле  $N_2$  съ  $(i_2 - i_3)$ , то получается включение въ цѣпь по фиг. 26.



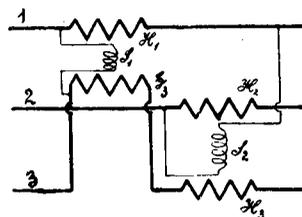
Фиг. 27.

включены звѣздообразно въ цѣпь трехфазной системы Катушка эта, при

$$e'_c = e'_1 (\cos 30^\circ - 0,5) = 0,365 e'_1$$

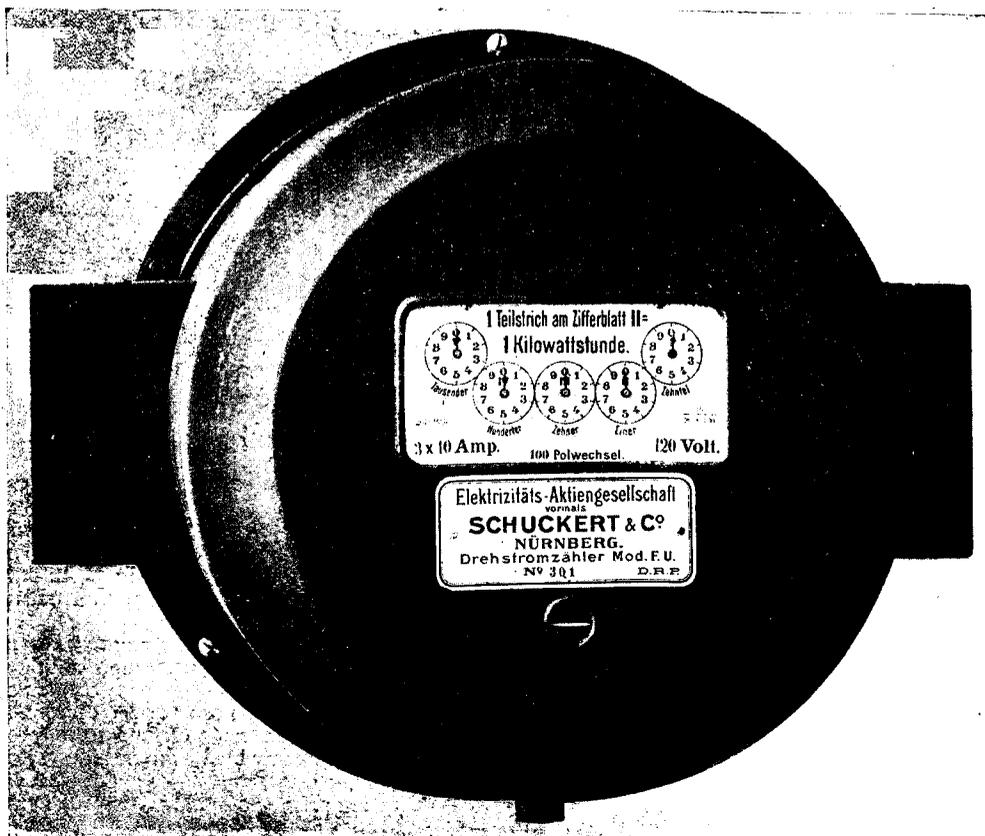
вольт, получаетъ въ 1,415 раза больше тока, чѣмъ шунтовый электромагнитъ при  $e'_a = 0,707 e'_1$  вольтъ, причемъ разность фазъ между токомъ и напряженіемъ равняется  $\varphi = 55^\circ$ . Такимъ образомъ, получается въ шунтовомъ электромагнитѣ  $S_2$  соединенномъ съ проводомъ 2, поле перпендикулярное къ  $E_2$ , а въ электромагнитѣ  $S_1$  соединенномъ съ проводомъ 1, поле, находящееся съ  $E_2$  въ равной фазѣ.

Все это видно изъ діаграммы фиг. 25. Такъ какъ, въ силу уравнения (5),  $N_1$  должно находиться во взаимно-



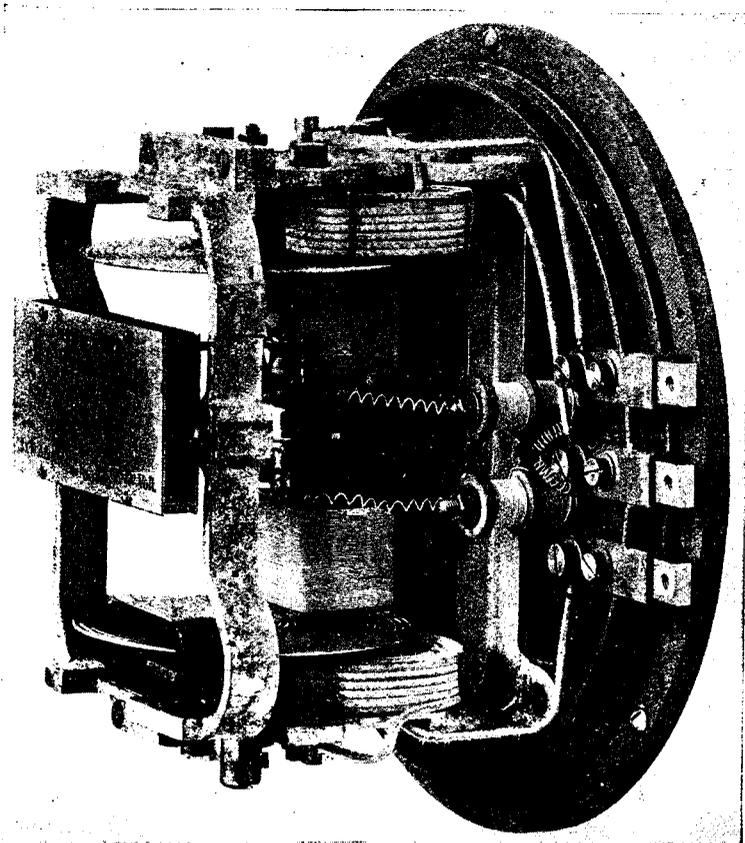
Фиг. 28.

При этомъ обѣ верхнія катушки главнаго тока счетчика  $FU$ , питаемыя проводомъ 1, включены въ



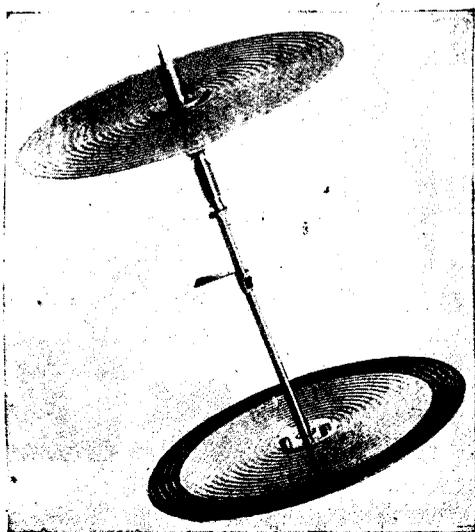
цѣпь послѣдовательно.—Одну изъ нижнихъ катушекъ соединяютъ съ проводомъ 2, другую съ 3.—Такъ какъ оба шунтовые поля равновелики, то

рыхъ  $= \frac{0,707}{0,365}$ , такъ что одна часть почти вдвое больше другой.



Фиг. 30.

объ верхнія катушки  $H_1$  вмѣстѣ имѣютъ въ 1,732 раза больше витковъ обмотки, чѣмъ каждая изъ нижнихъ  $H_2, H_3$ .



Фиг. 31.

Интересно замѣтить, что при такомъ включеніи напряжение  $E_2$ , между 2 и 3 и точкой  $O$ , раздѣляется не на двѣ равныя части, а на части, отношеніе кото-

Пользуясь для счетчика Ферариса уравненіемъ (8), нужно чтобы одно магнитное поле было бы перпендикулярно къ  $E_1 - E_3$ , другое перпендикулярно къ  $E_2 - E_1$ , т.е. первое должно находиться въ фазѣ съ  $E_2$ , другое съ  $E_3$ . (Фиг. 27).

Для возбужденія этихъ полей цѣлесообразно воспользоваться напряжениями  $E_3$  и  $E_1$ , причемъ катушки электромагнитовъ должны имѣть такую обмотку, чтобы ихъ поле отставало бы отъ напряженія на  $\chi = 60^\circ$ . Магнитъ, соединенный съ проводами, 3 и 1 получить поле перпендикулярное къ  $E_1 - E_3$ , а магнитъ соединенный съ проводами 1 и 2 — такое перпендикулярное къ  $E_2 - E_1$ . Такимъ образомъ, счетчикъ, построенный на основаніи уравненія (8), долженъ быть включенъ въ цѣпь \*) слѣдующимъ образомъ: одна изъ верхнихъ катушекъ питается токомъ  $i_1$ , а другая  $i_3$ , (фиг. 28); послѣднимъ токомъ  $i_3$  питается также и одна изъ нижнихъ катушекъ, другая нижняя питается токомъ  $i_2$ .—Объ нижнія катушки и катушка напряженія  $S_2$  вліяютъ на нижній дискъ, а объ верхнія и катушка напряженія  $S$  на верхній дискъ.

Рѣшая вопросъ, при какомъ изъ описанныхъ включеній можно при меньшей затратѣ энергіи возбудить въ шунтовыхъ электромагнитахъ счетчика  $FU$ —опредѣленное количество силовыхъ линий, напр.  $N = 6000$ , получаемъ слѣдующіе результаты: для включения по схемѣ 23 выраженіе (17) при  $N = 6000$ ,  $\rho = 50$ ,  $\rho = 0,024$  и  $\varphi = \chi - \psi = 60^\circ - 20^\circ = 40^\circ$  даетъ для затраты энергіи  $Q$  въ каждомъ электромагнитѣ:

$$Q = 4.44.10^{-8}. 50. 36. 10^6. 0,024. 1,14 = 2,28 \text{ ваттъ}$$

\*) D. V. P. 114526. 18. VII. 99. Мёллингеръ.

Реактивная катушка имѣть то же напряжение, тотъ же токъ и ту же разность фазъ  $\varphi$ , какъ и шунтовые электромагниты (фиг. 22), и потому общая затрата энергии въ отвѣтвленіяхъ счетчика  $FU$  при  $N=6000$  равняется  $3 Q = 684$  ваттъ.

При включеніи по схемѣ 26, гдѣ  $\varphi = 75^\circ - 20^\circ = 55^\circ$ , получаемъ для каждого шунтового электромагнита:

$$Q = 4,44 \cdot 10^{-8} \cdot 50 \cdot 36 \cdot 10^6 \cdot 0,024 \cdot 0,7 = 1,34 \text{ ваттъ.}$$

Реактивная катушка (фиг. 25) имѣть тотъ же уголъ  $\varphi$ , но токъ протекающій въ ней относится къ току каждого электромагнита, какъ 1,415 : 1, а напряжение, какъ 0,365 : 0,707; такимъ образомъ затрата энергии будетъ равна:

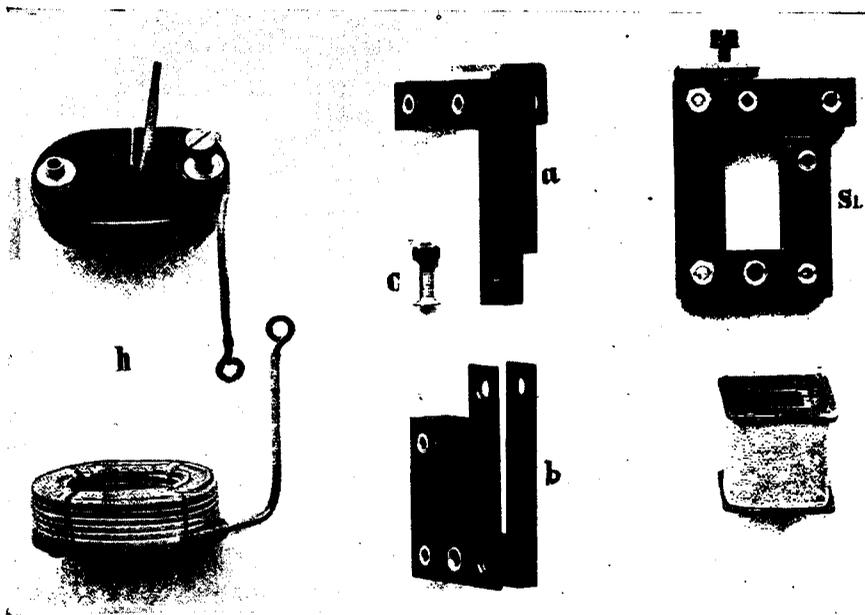
$$Q \cdot \frac{1,415}{1} \cdot \frac{0,365}{0,707} = 0,730 Q.$$

И общая потеря въ отвѣтвленіяхъ будетъ равна:  
 $2,73 Q = 3,67$  ваттъ.

Въ схемѣ 23 вліяетъ одна катушка  $H_2$  главного тока имѣющая  $\frac{s}{2}$  витковъ; при фиг. 26 — двѣ катушки главного тока  $H_2$  и  $H_3$  каждая съ  $\frac{s}{3,732}$  и поэтому моменты вращенія счетчиковъ относятся какъ

$$\frac{s}{2} : \frac{2 \cdot s}{3,732} = 0,5 : 0,538.$$

Въ схемѣ фиг. 28 катушки главного тока  $H_2$  и  $H_3$  каждая съ  $\frac{s}{4}$  витками обмотки вліяютъ вмѣстѣ съ катушкой напряженія  $S_1$ , поле которой отстоитъ отъ токовъ въ  $H_2$  и  $H_3$  на  $60^\circ$ . Катушка же главного тока  $C_3$  вліяетъ вмѣстѣ съ шунтовой катушкой  $S_1$ , но не производитъ момента вращенія, такъ какъ токъ въ  $C_3$  и поле въ  $S_1$  находятся въ фазѣ съ  $E_2$ . И моментъ вращенія счетчика выражается:



Фиг. 32.

При включеніи по схемѣ 28,  $\varphi = 60^\circ - 20^\circ = 40^\circ$  и расходъ энергии въ каждомъ электромагнитѣ будетъ:

$$Q = 4,44 \cdot 10^{-8} \cdot 50 \cdot 36 \cdot 10^6 \cdot 0,024 \cdot 1,19 = 2,28$$

и въ обоихъ—

$$2Q = 4,56 \text{ ваттъ.}$$

Такимъ образомъ, потери энергии въ отвѣтвленіяхъ при включеніи 8, 11, 13 и при одинаковомъ напряженіи полей электромагнитовъ находятся въ отношеніи:

$$1 : 0,537 : 0,667,$$

т. е., среднее включеніе является наиболѣе выгоднымъ.

Теперь опредѣлимъ еще моменты вращенія счетчиковъ при 3-хъ описанныхъ включеніяхъ, при условіи, что число линий силы въ шунтовыхъ электромагнитахъ, равно какъ и общее число витковъ обмотки ( $S$ ) всѣхъ 4-хъ катушекъ тока во всѣхъ трехъ случаяхъ остается одинаковымъ.

Предположимъ, что между проводами 2 и 3 включены лампы накаливанія, тогда токи въ 2 и 3 — будутъ въ одной фазѣ съ  $E_2$ . Эти токи при включеніяхъ фиг. 23 и 26 вліяютъ сообща съ шунтовой катушкой  $S_1$ , магнитное поле которой отстоитъ отъ токовъ въ  $H_2$  и  $H_3$  на  $60^\circ$ .

$$2 \cdot \frac{s}{4} \cdot \sin 60^\circ = 0,433S.$$

Такимъ образомъ, моменты счетчиковъ относятся, какъ

$$1 : 1,07 : 0,866.$$

При условіи, что поля отвѣтвляеи равновелики и что всѣ 4 катушки главного тока имѣютъ въ суммѣ одно и то же количество витковъ обмотки.

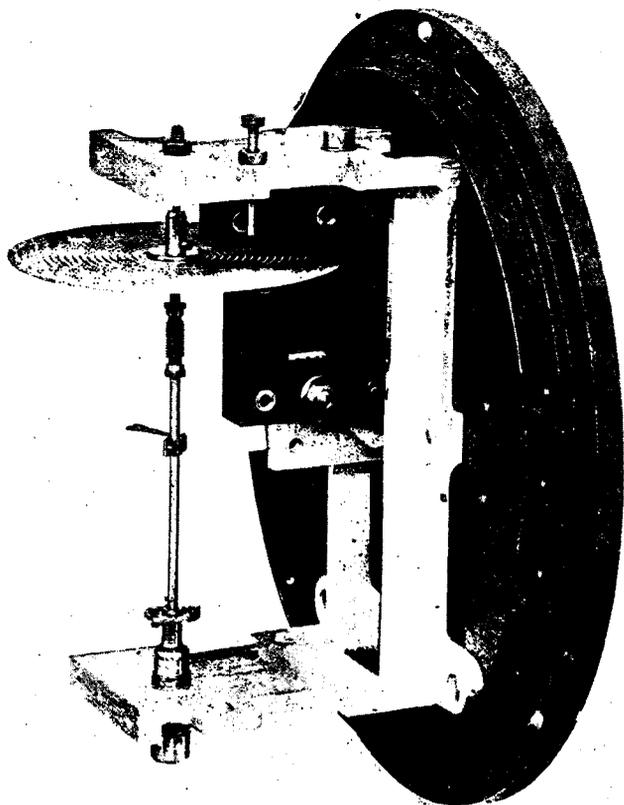
Такъ что и въ этомъ отношеніи является включеніе по фиг. 26 наиболѣе выгоднымъ.

Практически результаты эти немного измѣняются. Въ виду того, что у счетчиковъ, основанныхъ на принципѣ Ферариса, можно, благодаря малой потерѣ отъ тренія, и съ малыми моментами получить большую чувствительность и постоянство, то и включенія по фиг. 23 и 28 даютъ при томъ же расходѣ энергіи достаточныя силы. Включеніе по фиг. 28 имѣетъ еще то преимущество, что оно не требуетъ реактивной катушки.

Счетчикъ трехфазнаго тока модель  $FU$ .

Счетчикъ этотъ представленъ въ фиг. 29 и 30. Онъ состоитъ изъ трехъ отлитыхъ изъ алюминія частей: изъ центральной дуги, служащей основаніемъ (фиг. 30),  $F$ -об-

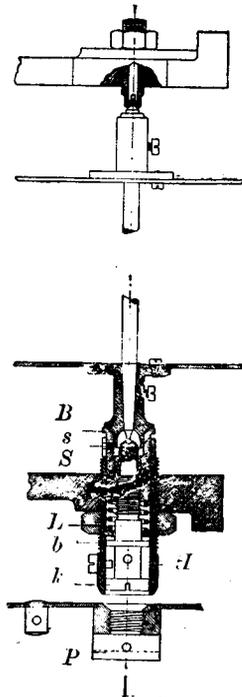
разнаго держателя (фиг. 33) и рамы, на которой укрѣпляется механическая часть.



Фиг. 33.

Якорями служатъ двѣ алюминиевыя шайбы, насаженныя на одной оси. Каждая изъ нихъ движется въ междужелезномъ пространствѣ шунтового маг-

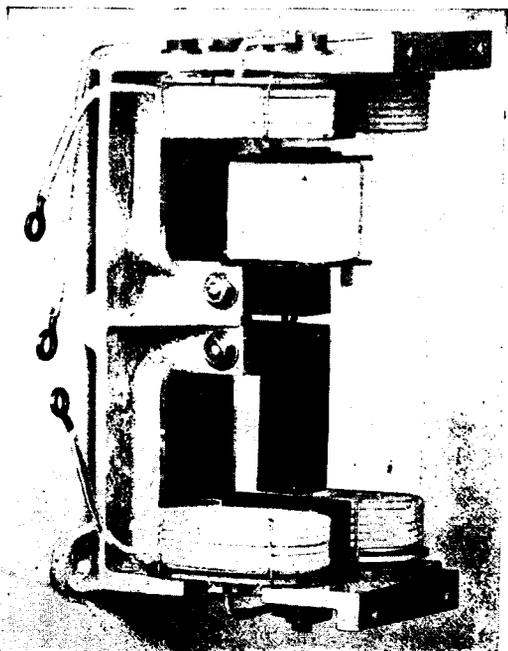
нита. Справа и слѣва каждой шайбы находится одна изъ 4-хъ катушекъ главнаго тока. Постоянный стальной магнитъ служитъ для успокоенія. Движущаяся часть—какъ видно изъ фиг. 31—простой конструкции и очень легка. Алюминіевыя шайбы насажены на стальную ось посредствомъ мѣдныхъ втулокъ. Ось эта вверху имѣетъ шейную цапфу, а внизу шарооб-



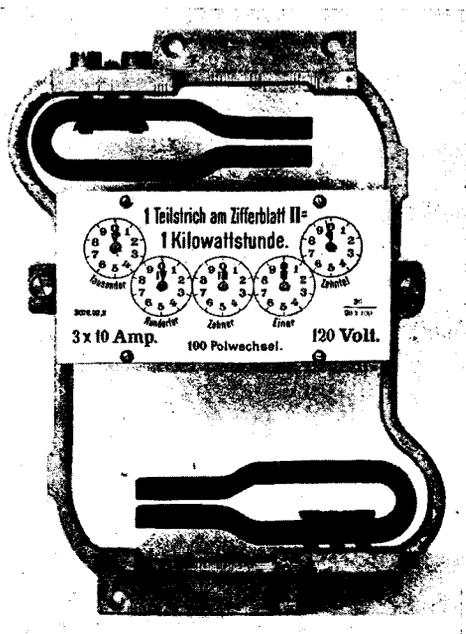
Фиг. 35.

разную. На ней, кромѣ того, между упомянутыми шайбами насаженъ мѣдный червякъ и маленькое крыло, служащее для выбалансированія системы.

На фиг. 32 представлены: катушка главнаго тока (h) (видъ сверху и сбоку),—шунтовый магнитъ S и его части a, b и c.



Фиг. 34.



Фиг. 36.

На фиг. 33 представленъ E-образный держатель. Оба подшипника изображены на фиг. 34 и 35. Счетчикъ Шуккерта, модель FU—отличается многими преимуществами.

Всѣ части его легко обозримы и легко доступны. Части, служащая для измѣреній, укрѣплены на крѣпкомъ основаніи, такъ что измѣненіе положенія какой либо части немыслимо.

Спеціальныя подшипники не допускаютъ порчи прибора во время перевозки и загрязненія подшипниковъ или выбрызгиванія смазочнаго масла.

Магниты не подвержены вліянію главнаго тока.

Приборы эти при маломъ расходѣ энергій даютъ большіе моменты вращенія; вращающаяся часть имѣетъ незначительный вѣсъ. Потери эти тренія доведены до минимума. При отсутствіи щетокъ, коллектора, чувствительность прибора постоянна. Обмотка неподвижна. Поэтому вѣроятность порчи какой либо части обмотки очень мала.

Счетчикъ этотъ вѣситъ 11 килограммъ, діаметръ его—314 мм.

Результаты испытаній счетчика, при 120 вольтахъ и 10 амперахъ, сгруппированы въ нижеслѣдующихъ таблицахъ:

ТАБЛИЦА I.

Пусканіе въ ходъ при 0,8%. Расходъ въ шунтѣ = 4,35 ваттъ.

РОДЪ НАГРУЗКИ.	$e_1'$	$e_2'$	$e_3'$	$i_1'$	$i_2'$	$i_3'$	Ваттъ	cos $\alpha$	Обороты якоря въ минуту	Отношеніе чис- ла ваттовъ къ числу оборо- товъ въ минуту	Должно быть
Лампы накаливанія симметрично . . . . .	120	120	120	9,48	9,48	9,48	1968	1	50,3	39,2	} 39,3
» » » . . . . .	120	120	120	3,09	3,09	3,09	643	1	16,4	39,1	
» » вполнѣ не симметрично. . . . .	120	120	120	0	5,46	5,46	655	1	16,9	38,9	
» » » . . . . .	120	120	120	0	1,66	1,66	200	1	5,12	39,1	
» » » . . . . .	121	120	120	5,58	5,58	0	670	1	17,3	38,8	
Съ индукціей симметрично . . . . .	120	120	121	5,35	0	5,35	642	1	16,5	39,1	
» » вполнѣ не симметрично . . . . .	120	120	120	9,88	9,88	9,88	594	0,304	15,1	39,4	
» » » . . . . .	120	121	120	0	9,8	9,8	398	0,34	10,2	39,1	
» » » . . . . .	120	121	119	9,62	9,62	0	392	0,34	10,0	39,0	
» » » . . . . .	120	121	120	9,80	0	9,80	398	0,34	10,2	39,1	

ТАБЛИЦА II.

Пусканіе въ ходъ при 0,8%. Расходъ въ шунтѣ = 5,35 ваттъ.

РОДЪ НАГРУЗКИ.	$e_1'$	$e_2'$	$e_3'$	$i_1'$	$i_2'$	$i_3'$	Ваттъ	cos $\alpha$	Обороты якоря въ минуту	Отношеніе чис- ла ваттовъ къ числу оборо- товъ въ минуту	Должно быть
Лампы накаливанія симметрично . . . . .	120	120	122	8,45	8,45	8,45	1759	1	44,8	39,3	} 39,3
» » » . . . . .	120	120	122	3,08	3,08	3,08	640	1	16,3	39,3	
» » вполнѣ не симметрично. . . . .	120	120	122	5,35	0	5,35	642	1	16,5	39,0	
» » » . . . . .	120	120	122	1,69	0	1,69	203	1	5,32	39,2	
» » » . . . . .	120	120	122	0	5,30	5,30	635	1	16,2	39,3	
» » » . . . . .	120	120	122	5,34	5,34	0	640	1	16,2	39,5	
Съ индукціей симметрично . . . . .	121	120	122	9,06	9,06	9,06	597	0,317	15,0	39,8	
» » вполнѣ не симметрично . . . . .	120	120	121	10,1	0	10,1	410	0,34	10,5	39,1	
» » » . . . . .	119	120	121	0	9,85	9,85	403	0,34	10,3	39,1	

Таблица I относится къ счетчику, включенному въ цѣпь по схемѣ 26, а таблица 2—по схемѣ 28.  $\alpha$  означаетъ разность фазъ между силою тока и напряженіемъ. Потери въ отвѣтвленіяхъ опредѣлены посредствомъ зеркальнаго электрометра, по методу трехъ вольтметровъ. Измѣреніе разности потенциаловъ у концовъ шунтовыхъ катушекъ производилось при помощи зеркальнаго электрометра.

Опытъ былъ расположенъ слѣдующимъ образомъ: Сначала повѣряютъ фазы шунтовыхъ полей, электродинамическія пары отдѣльныхъ катушекъ главнаго тока, количество оборотовъ прибора при пусканіи въ ходъ и при полной нагрузкѣ. Производится это посредствомъ включенія послѣдовательно съ катушками отвѣтвеннаго тока бифилярныхъ сопро-

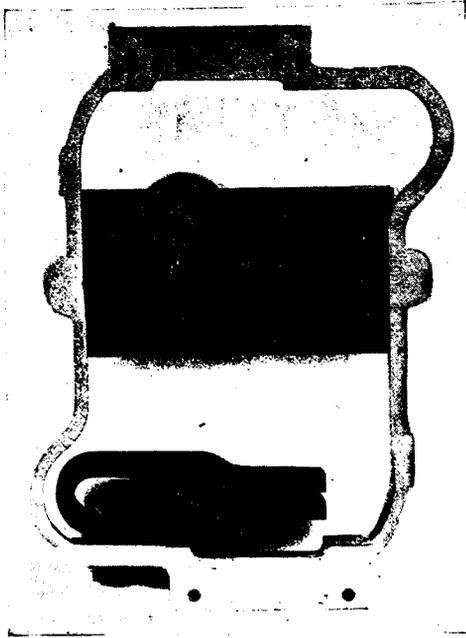
тивленій, и при помощи измѣненій относительнаго положенія катушекъ главнаго тока и постоянныхъ стальныхъ магнитовъ и, наконецъ, посредствомъ спеціальнаго винта. Заводская вывѣрка производится по нормальному счетчику ( $Z_n$ ). Катушки напряженія \*) приборовъ, подлежащихъ вывѣркѣ, включаются параллельно въ цѣпь съ катушкой напряженія нормальнаго счетчика и соединяются затѣмъ съ 3 проводами трехфазной установки. Катушки тока \*\*) соединены посредствомъ щетокъ  $B_1$  и  $B_2$  съ регуляторомъ фазъ  $P$ , чрезъ обмотку котораго проходитъ

\*) Предъ которыми, конечно, включаютъ реостатъ.

\*\*) Между катушками и регуляторомъ фазъ включенъ соответствующій трансформаторъ.

токъ установки. Такимъ образомъ, можно въ катушкахъ тока получить токъ любой фазы. (См. фиг. 38).

Вывѣрка счетчика, соответствующаго схемѣ 26, производится слѣдующимъ образомъ: включивъ катушки напряженія, включают катушки главного тока ( $H_2$  и  $H_3$ ) новаго счетчика ( $Z_1$ ) послѣдовательно съ

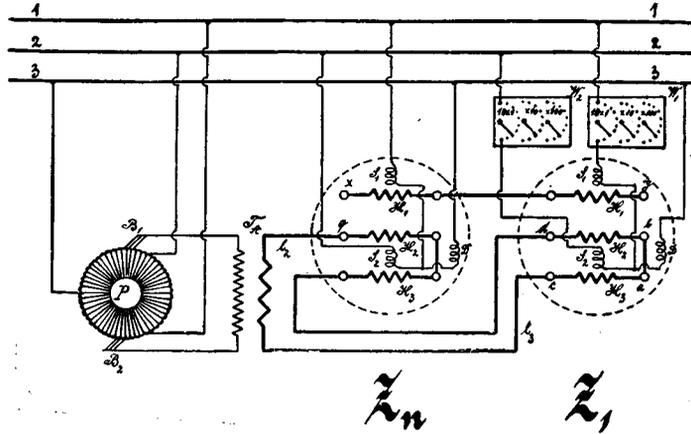


Фиг. 37.

щенія (Zugkräfte). Затѣмъ возстанавливаютъ снова включеніе по фиг. 38 и приводятъ посредствомъ перестановки стальныхъ магнитовъ— $Z_1$  и  $Z_n$  къ синхроническому ходу. Далѣе, соединяютъ провода  $l_2$  и  $l_3$  съ  $ay$  и посредствомъ регулированія  $W_1$  приводятъ магнитное поле  $S_1$  къ соответствующей фазѣ, равно какъ посредствомъ измѣненія положенія  $H_1$  обасчетчика ( $Z_1$  и  $Z_n$ ) къ синхроническому ходу. На этомъ кончается вывѣрка, остается только отсчитать сопротивленія  $W_1$  и  $W_2$ , и ввести имъ равныя въ цѣпь счетчика сопротивленія.

Точно также производится вывѣрка счетчика, включеннаго въ цѣпь по фиг. 28.

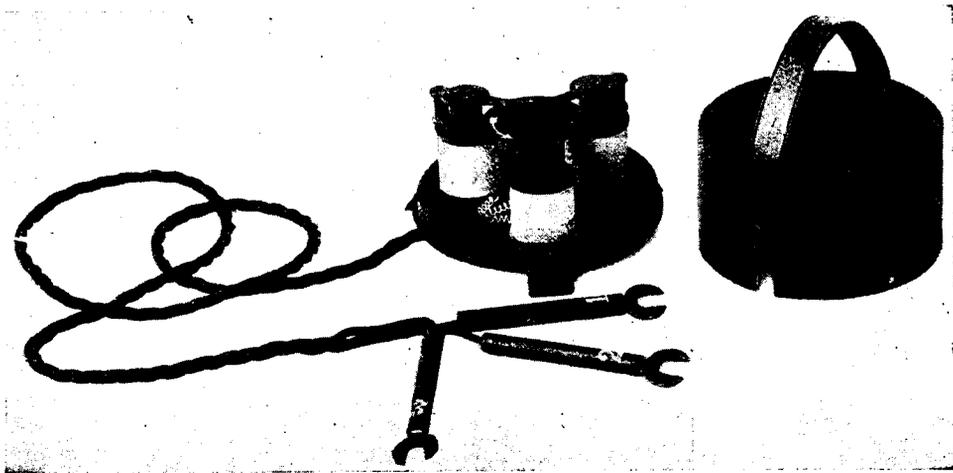
Для правильнаго дѣйствія подобныхъ приборовъ очень важно правильное присоединеніе проводовъ трехфазной системы къ зажимамъ счетчика, такъ какъ только при опредѣленномъ включеніи напря-



Фиг. 38.

катушками напряженія нормального счетчика ( $Z_n$ ), какъ показано на фиг. 38. II послѣ того, какъ нормальный счетчикъ посредствомъ вращенія регуля-

женій  $E_1, E_2, E_3$  электромагнитныя поля получаютъ правильно расположенными. Для правильнаго дѣйствія счетчика, устроеннаго по сх. 28, поле  $S_1$  должно



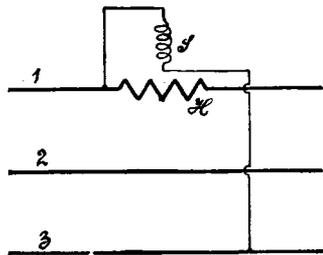
Фиг. 39.

тора фазъ  $P$ —будетъ остановленъ, посредствомъ регулированія сопротивленія  $W_2$ , останавливаютъ изслѣдуемый счетчикъ. Далѣе, передвигаютъ щетки у  $P$  на  $90^\circ$ , и включают  $H_2$  и  $H_3$  другъ противъ друга, т. е. соединяютъ проводъ  $b$  съ  $c$ , а не съ  $a$ , и  $l_3$  съ  $a$ . II далѣе, посредствомъ перестановки  $H_2$  и  $H_3$  приводятъ счетчикъ  $Z_1$  къ покою.

Обоими описанными способами достигаютъ того, что поле  $S_2$  является въ соответствующей фазѣ, а  $H_2$  и  $H_3$  производятъ равныя моменты при

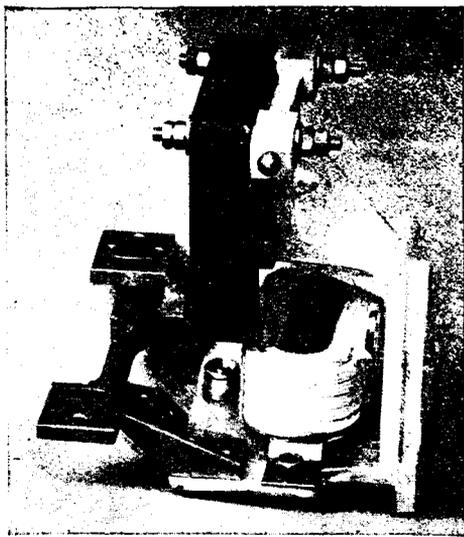
находиться въ фазѣ съ  $E_2$ , и поле у  $S_2$ —съ  $E_3$ , а это возможно бываетъ только тогда, когда сперва  $E_1$ , затѣмъ  $E_2$  и  $E_3$  послѣдовательно достигаютъ максимума. Если, положимъ порядокъ этихъ 3-хъ напряженій обратный, то  $S_2$  будетъ поле, находящееся въ фазѣ съ  $E_2$  и  $S_1$ —таковое, находящееся въ фазѣ съ  $E_1$ —и счетчикъ будетъ показывать невярно. При любомъ включеніи счетчика легко убѣдиться, вѣрно ли это включеніе. Для этого нагружаютъ его опредѣленнымъ образомъ лампами накаливанія или

реактивными катушками, но целесообразнее воспользоваться для этого указателем направления полей, представленным в фиг. 39.—Между 3 магнитами укреплен на оси железный дискъ. При соединении зажимовъ прибора съ 3 проводами установки, такъ, чтобы дискъ вращался по направлению, отмѣ-



Фиг. 40.

ченному въ приборѣ стрѣлкою, цифры, поставленныя на зажимахъ, укажутъ порядокъ напряженій,  $E_1, E_2, E_3$ . Такимъ образомъ, провода обозначенные цифрами 1, 2 и 3 соединяютъ съ зажимами  $M_1, M_2$  и  $M_3$ .—Обыкновенно на трехфазныхъ установкахъ фазы уже опредѣлены, но всетаки, прежде чѣмъ включить счетчикъ, слѣдуетъ убѣдиться, правильно ли обозначены фазы.



Фиг. 41.

Счетчики эти находятся уже во многихъ установкахъ въ практическомъ примѣненіи и работаютъ съ успѣхомъ.

д) Счетчикъ трехфазнаго тока, FG для равнонагруженныхъ фазъ.—Часто приходится измѣрять расходъ энергии на трехфазныхъ установкахъ съ равнонагруженными фазами. Въ этомъ случаѣ среднія величины 3-хъ членовъ уравненія (7) будутъ между собой равны, такъ что приборъ долженъ измѣрять только одинъ членъ. Счетчикъ, построенный для этой цѣли, дѣлается въ размѣрахъ меньше и проще въ конструкціи. Счетчикъ этотъ имѣетъ только одну катушку тока, поле которой находится съ  $i$  въ фазѣ, и только одну катушку напряжения, поле которой перпендикулярно къ  $E_1-E_3$ , т. е. находится въ равной фазѣ съ  $E_2$  (см. фиг. 27). Для возбужденія катушки напряжения пользуются напряженіемъ  $E_2$ , включеніе \*) въ цѣпь производится по схемѣ фиг. 38.

Поле катушки напряженія должно отставать отъ самаго напряженія  $E_2$  на уголъ  $\chi = 60^\circ$ , если поле катушки тока находится съ токомъ  $i_1$  въ равной фазѣ.

Если же это поле будетъ отставать отъ  $i_1$  на уголъ  $\gamma$ , то уголъ отставанія  $\chi$  будетъ равняться

$$\chi = 60^\circ + \gamma,$$

такъ какъ оба эти поля должны при безындукціонной нагрузкѣ быть перпендикулярны другъ къ другу. Единственный шунтовый подковообразный магнитъ, нужный для этого счетчика, представленъ на фиг. 41.

Александръ Гофманъ.

Нюрнбергъ.

## БИБЛІОГРАФІЯ.

**Физико - Математическій Ежегодникъ**, посвященный вопросамъ Математики, Физики, Химіи и Астрономіи въ элементарномъ изложеніи. Изданіе Кружка авторовъ „Сборника въ помощь самообразованію“. Годъ первый. Москва 1900. Стр. 591. Рисунковъ въ текстѣ 128. Вкладныхъ таблицъ 8. Цѣна 2 р. 95 к.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Кружокъ преподавателей различныхъ учебныхъ заведеній началъ издавать рядъ книгъ подъ общимъ заглавіемъ: „Сборникъ статей въ помощь самообразованію“. Въ Сборникѣ этотъ вошли статьи по Физикѣ, Химіи, Математикѣ и Астрономіи, содержащія болѣе или менѣе полное изложеніе различныхъ отдѣловъ этихъ наукъ, въ современномъ ихъ состояніи. Сборникъ имѣлъ большой успѣхъ и въ короткое время разошелся въ двухъ изданіяхъ. Теперь составители Сборника выпустили въ свѣтъ первое, такъ сказать, дополненіе къ нему, названное „Физико-Математическій Ежегодникъ“. Необходимость такого дополнительнаго изданія выяснилась составителямъ Сборника при переработкѣ его для 2-го изданія. При переработкѣ оказалось необходимымъ, во-первыхъ, увеличить объемъ нѣкоторыхъ статей, и, во-вторыхъ, увеличить число статей, сравнительно съ 1-ымъ изданіемъ. Чтобы не увеличивать объемъ Сборника, составители и рѣшили выпускать къ нему ежегодное дополненіе. Это рѣшеніе нельзя не признать самымъ целесообразнымъ, такъ какъ оно даетъ возможность знакомить читателей со всѣми выдающимися новостями въ области физико-математическихъ наукъ.

Лежащій передъ нами „Ежегодникъ“ представляеть изъ себя первый такой дополнительный выпускъ.

По содержанію онъ разбивается на четыре отдѣла, весьма различныхъ по объему и, скажемъ прямо, по цѣнности матерьяла.

Первый и самый болѣе большой отдѣлъ занятъ отдѣльными статьями, посвященными различнымъ вопросамъ Физики, Химіи, Математики, Астрономіи. Статьи написаны знатоками дѣла и читаются съ очень большимъ интересомъ. Даже для лицъ, занимающихся названными науками специально, статьи „Ежегодника“ представляютъ интересъ. Укажемъ, на примѣръ, на статьи А. С. Попова „Телеграфированіе безъ проводовъ“, С. Г. Горова — „Магнитное поле земли“, О. Д. Хвольсона.— „Объ одной формулировкѣ двухъ началъ термодинамики“, М. Коновалова.— „Объ Аллотропій элементовъ“, Ю. М. Шокальскаго.— „Очеркъ Океанграфіи“, которая съ удовольствіемъ прочтутся всѣми любителями физико-математическихъ наукъ. Впрочемъ и другія статьи, хотя иногда меньшія по объему, столь же интересны.

Изъ статей, посвященныхъ Астрономіи, укажемъ на статьи С. Блажко — „О наблюденіяхъ полныхъ солнечныхъ затмѣній въ послѣдніе годы“, проф. Шведова — „Космологія конца XIX вѣка“, — Скіапа-

\*) D. R. P. 101419—III. 1898. Мёллигеръ.

релли, — Планета Марсъ“, и статьи Покровскаго и Рыжескаго, посвященныя кометамъ.

Второй отдѣлъ носитъ названіе *Научная Хроника*. Въ этомъ отдѣлѣ всего три статьи, изъ которыхъ первая, „Физика“, явно попала въ этотъ отдѣлъ по недоразумѣнію: ей прямое мѣсто въ слѣдующемъ III (педагогическомъ) отдѣлѣ, такъ какъ въ ней описывается, какъ воспроизвести нѣкоторые физическіе опыты. Собственно хронику составляетъ замѣтка Г. Серебрякова по Астрономіи и статья Г. Блажко: „Астрофотографія и переменныя звѣзды на Московской обсерваторіи“. Обѣ статьи прочтутся любителями Астрономіи съ интересомъ.

Третій отдѣлъ, педагогическій, судя по началу, долженъ бы быть крайне интереснымъ и полезнымъ. Дѣйствительно первая статья въ немъ, носящая общее заглавіе „Замѣтки по Физикѣ“, содержитъ въ себѣ описаніе многихъ физическихъ опытовъ и способовъ ихъ воспроизведенія. Написанная лицами, которые сами очевидно многократно воспроизводили эти опыты, она можетъ оказать неоцѣнимыя услуги начинающимъ свою дѣятельность преподавателямъ, молодымъ лаборантамъ и т. п. Эта статья сразу заинтересовываетъ читателя. Къ сожалѣнію, она коротка — всего 10 страницъ. Зато слѣдующая статья гораздо большаго объема (80 страницъ) прочтется уже съ гораздо меньшимъ интересомъ и жалъ, что составители отвели ей слишкомъ много мѣста. Статья эта „Свѣздъ преподавателей физико-химическихъ наукъ средне-учебныхъ заведеній Московскаго учебнаго округа въ 1899 году“. Судя по заглавию, статья должна быть очень интересна. Но, увы, составители „Ежегодника“ не нашли возможнымъ написать именно статью, а просто напечатали протоколы засѣданій, помѣстивъ въ нихъ и прочитанныя сообщенія. Никакого резюме, никакихъ выводовъ изъ помѣщеннаго матерьяла не сдѣлано, а это очень жалъ, такъ какъ матерьялъ обильный и цѣнный. Навѣрное въ засѣданіяхъ были и пренія, по поводу дебатовъ, изъ нихъ многое навѣрное выяснилось, но въ „Ежегодникѣ“ о нихъ ни слова. Однимъ словомъ, тутъ имѣется какъ будто обычное изданіе „Трудовъ свѣзда“, да еще не полное (нѣтъ преній), а не то, что хотѣлось бы видѣть въ изданіи подобномъ „Ежегоднику“.

Четвертый отдѣлъ — отдѣлъ критико-библиографической. Тутъ помѣщенъ рядъ отзывовъ о нѣсколькихъ книгахъ по физикѣ и математикѣ, указатель русской литературы по математикѣ и астрономіи за 1899 г. и литература преподаванія математики въ Германіи и Франціи въ 1899 году.

Двумъ послѣднимъ указателямъ, по моему мнѣнію, отведено слишкомъ много мѣста (42 стр.). Право, едва ли можно назвать удачною мысль увеличить объемъ „Ежегодника“ страницами каталога любого книжнаго магазина, торгующаго учебниками. А иначе нельзя назвать страницы, въ которыхъ читаемъ: Беллостинъ (В). Арифметическій задачникъ для 1-го года обученія. Москва 1899. 8 д. л. 56 стр. 2400 экз. Ц. 10 к. и т. и т. д. Ни отзыва, ни краткаго содержанія, — ничего. Только объявленіе о существованіи книги. Въ „Ежегодникѣ“ такая библиографія едва ли умѣстна.

Въ четвертомъ же отдѣлѣ помѣщена краткая біографія извѣстнаго математика Маріусъ Софусъ Ли, скончавшагося 16 февраля 1899 въ Христианіи, написанная проф. П. П. Бобынинымъ. Мысль знакомить читателей съ біографіями выдающихся современныхъ ученыхъ — мысль очень удачная и надо пожелать, чтобы въ слѣдующихъ выпускахъ „Ежегодника“ она получила возможно широкое развитіе, хотя бы насчетъ разныхъ библиографическихъ указателей.

Таковъ первый выпускъ „Ежегодника“. Его появленіе можно только приветствовать и надо пожелать

полнаго и прочнаго успѣха „Кружку преподавателей“, энергично и живо ведущему дѣло первостепенной важности — дѣло научной популяризаціи знаній. Я указалъ здѣсь нѣсколько недостатковъ, которыми, какъ мнѣ кажется, страдаетъ первый выпускъ, но недостатки есть всегда и всюду. Они могутъ быть вызваны случайными причинами, а въ новомъ дѣлѣ особенно они неизбѣжны. Да и съ этими недостатками, въ концѣ концовъ очень несущественными, „Ежегодникъ“ представляетъ изъ себя цѣнный вкладъ въ нашу научно-популярную и педагогическую литературу. Пожеланіемъ дальнѣйшаго продолженія этого изданія и притомъ не въ видѣ томовъ, выходящихъ всего одинъ разъ въ годъ, а въ видѣ частыхъ выпусковъ, — я и закончу этотъ отзывъ.

Проф. Шателън.

## РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

**Сохраненіе дерева при помощи электрическаго тока.** Въ Praktischer Maschinen-Konstrukteur, отъ 13 декабря, появилась статья о новомъ способѣ препарированія дерева посредствомъ электричества, съ цѣлью предохраненія его отъ порчи. Этотъ способъ примѣнимъ не только къ желѣзнодорожнымъ шпаламъ, телеграфнымъ столбамъ и т. п., но и къ дереву, изъ котораго изготовляется мебель.

Употребляемый съ этой цѣлью аппаратъ состоитъ изъ достаточно вмѣстительнаго деревяннаго корыта, на днѣ котораго помѣщается свинцовый листъ, соединенный съ положительнымъ полюсомъ источника электрической энергіи. Обрабатываемое дерево кладется на этотъ листъ и покрывается другимъ такимъ же листомъ, соединеннымъ съ отрицательнымъ полюсомъ. Въ корыто наливается растворъ 10% буры, 5% канифоли и  $\frac{3}{4}$ % углекислой соды.

Подъ дѣйствіемъ тока выдѣляется изъ дерева сокъ и всплываетъ на поверхность ванны, въ то время какъ растворъ проникаетъ въ поры дерева. Послѣ этой обработки, длящейся отъ 5 до 8 часовъ, дерево вынимаютъ изъ корыта и подвергаютъ искусственной или естественной сушкѣ. Эта послѣдняя, т. е. сушка, на воздухѣ, требуетъ лѣтомъ двухнедѣльнаго времени.

Подобный приборъ устроенъ на электрической станціи Джонсона и Филиппса на Charlton Junction въ Лондонѣ. Токъ эксплуатируется при напряженіи 110 вольтовъ и потребление энергіи въ среднемъ 1 киловаттъ-часъ на кубическій метръ пропитываемаго дерева. Для только что срубленнаго и еще сыраго лѣса потребляется тока еще менѣе. Температура раствора въ ваннѣ колеблется отъ 40° до 45° Ц.

## Опечатки въ №№ 3, 4 и 6 т. г.

Въ № 3. Стр. 48, правый столбецъ строка 31 сверху

Напечатано:  
электротехника

Слѣд. читать:  
электрооптика.

Въ № 4. Стр. 52 правый столбецъ.

10 строка сверху слѣдуетъ читать (кривая 2).  
12 и 13 стр. „ „ „ (кривая 1).

Въ № 6. Стр. 92, правый столбецъ строка 9 сверху  
металлѣ опытахъ.