

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

О расчетѣ соединеній въ замкнутыхъ обмоткахъ якорей динамомашинъ.

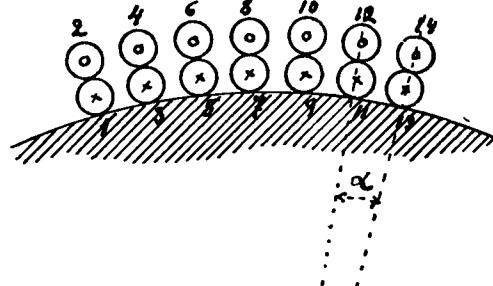
Статья Д. Филиппова.

Когда расчетъ динамомашины постоянного тока уже далъ намъ число проволокъ на окружности якоря, ихъ съченіе, а также диаметръ якоря, то надлежитъ подумать о наиболѣе цѣлесообразномъ способѣ соединенія отдѣльныхъ проволокъ между собою и съ коллекторомъ. Число полюсовъ и число параллельныхъ вѣтвей обмотки якоря мы должны считать заданными; пусть число полюсовъ равно $2p$, а число параллельныхъ вѣтвей равно $2a$. Число щетокъ будетъ равно также $2a$. Назовемъ число проволокъ на окружности якоря— s . Непосредственныя соображенія, руководимыя только правиломъ Флеминга, о наиболѣе цѣлесообразномъ соединеніи проволокъ между собой и съ коллекторомъ трудны и запутаны, а главное требуютъ много времени на отдѣльные попытки. Съ другой стороны, известные типы обмотокъ столь разнообразны и многочисленны, что является потребность ихъ не только научно классифицировать, но и выяснить то, что въ нихъ есть общаго и чѣмъ обусловливается такое разнообразіе. Вотъ причина, вызвавшая появление трудовъ, посвященныхъ разработкѣ теоріи соединеній въ обмоткахъ якорей или просто теоріи обмотокъ (Фритче, Арнольдъ). Сочиненіе Арнольда «Ankerwicklungen und Ankerkonstruktionen» пользуется широкой популярностью среди электротехниковъ, но оно нѣсколько трудно для изученія. Послѣднее обстоятельство побудило ассистентовъ Электротехническаго института въ Вѣнѣ—д-ра Рейтгофера, инженеровъ Ф. Эйхберга и Каллира—представить теорію обмотокъ въ болѣе удобопонятномъ для практиковъ видѣ (см. Zeitschr. f. Elektrot. N. 2, 98), причемъ имъ удалось нѣсколько обобщить формулы, данные Арнольдомъ. Несмотря на несомнѣнную цѣнность, коллективная статья вышеупомянутыхъ ассистентовъ даетъ слишкомъ много формулъ и разбираетъ отдѣльно барабанныя и отдѣльно кольцевыя обмотки. По этой причинѣ и благо-

даря недостатку примѣровъ и поясненій, статья Рейтгофера, Эйхберга и Каллира, при примѣненіи ея выводовъ на практикѣ, легко можетъ дать мѣсто недоразумѣніямъ. Мы рѣшились поэтому, пользуясь вышеупомянутой статьей, изложить теорію обмотокъ въ самомъ общемъ видѣ, одинаково примѣнимомъ къ барабаннымъ, кольцевымъ и дисковымъ арматурамъ. Для лучшаго разъясненія, какъ пользоваться теоретическими выводами, мы увеличили число примѣровъ, выбравъ наиболѣе характеристичные.

Въ нижеслѣдующихъ разсужденіяхъ мы будемъ постоянно воображать себѣ барабанную арматуру; какъ перейти къ кольцевой и дисковой арматурѣ—будетъ указано на примѣрахъ.

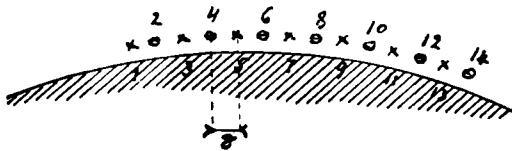
Разматривая обмотку барабанной арматуры и не обращая вниманія пока на отношеніе ея къ индуктирующему магнитному полю, мы можемъ различить во-первыхъ рядъ проволокъ на вѣнчайшей поверхности якоря, во-вторыхъ—рядъ проводниковъ, служащихъ для соединеній проволокъ якоря между собой (про коллекторъ мы пока позволимъ себѣ забыть). Проволоки якоря иногда располагаются въ одинъ, иногда въ два, три и больше слоевъ. Перенумеровавъ эти проволоки какъ указано на фиг. 1, мы во-



Фиг. 1.

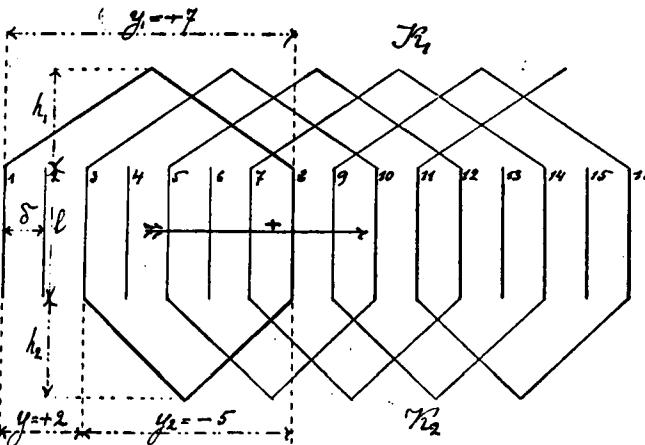
образимъ ихъ оси расположеными на окружности якоря въ одинъ слой, въ порядкѣ ихъ нумерации и притомъ на одинаковыхъ разстояніяхъ (фиг. 2). Обозначимъ разстояніе двухъ соседнихъ осей проволокъ якоря (на фиг. 2) черезъ δ . Если разрѣзать поверхность якоря плоскостью, проходящую черезъ ось послѣдняго и развернуть поверхность якоря на плоскость,

то оси проволок якоря (мы теперь будем говорить для краткости просто — проволоки якоря) представляются рядомъ параллельныхъ прямыхъ



Фиг. 2.

(фиг. 3). Соединенія проволокъ между собой мы будемъ воображать также развернутыми на плоскость и будемъ изображать ихъ симметричными ломаными линіями (фиг. 3).



Фиг. 3.

По способу соединенія отдельныхъ проволокъ всѣ обмотки можно разбить на два класса. Въ обмоткахъ первого класса соединенія проволокъ якоря идутъ въ поперемѣнно - обратныхъ направленияхъ (фиг. 3). Отъ 1-й проволоки соединеніе идетъ къ 8-й, отъ 8-й, въ обратномъ направлениі, къ 3-й, отъ 3-й, опять въ прежнемъ направлениі, къ 10-й и т. д. Такія обмотки называются *петельными*. Въ обмоткахъ второго класса всѣ соединенія идутъ постоянно въ одномъ направлениі, чередуясь только то на одной, то на другой сторонѣ якоря (фиг. 4). Обмотки второго класса называются *волнообразными*. Очевидно, чтобы «задать» обмотку, достаточно назначить, такъ сказать, «размахъ» соединеній на обѣихъ сторонахъ якоря, оговоривъ только какого рода обмотка подразумѣвается: петельная или волнообразная. Такъ напримѣръ: размахъ соединенія проволокъ 1-й и 8-й на сторонѣ якоря k_1 (фиг. 3) равенъ 7δ , а на сторонѣ k_2 — размахъ соединенія проволокъ 8-й и 3-й равенъ 5δ . Если условиться въ положительномъ направлениі размаховъ, то можно не оговаривать, съ какого рода обмоткой мы имѣемъ дѣло. Петельную обмотку (фиг. 3) можно задать тогда условіями:

$$y_1 = +7$$

$$y_2 = -5$$

или вообще

$$y_3 = +a^2; \quad y_4 = -b^2.$$

Волнообразную обмотку зададимъ тогда условіями:

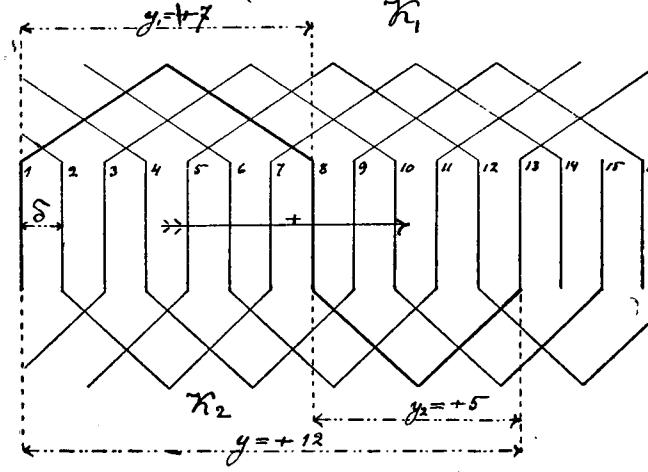
$$y_1 = +7 \quad y_2 = +5$$

или вообще:

$$y_3 = +a^2 \quad y_4 = +b^2.$$

При этомъ нечетные размахи (y_1, y_3, \dots) будутъ относиться къ сторонѣ якоря k_1 , а четные — къ противоположной сторонѣ k_2 .

Изучая обмотки построенныхъ динамомашинъ съ только что указанныхъ точекъ зреінія, мы замѣтили бы, что послѣ завершения нѣкотораго четнаго числа размаховъ, придемъ къ такой проволокѣ n , исходя изъ которой размахи будутъ тѣ же что и раньше, причемъ они будутъ повторяться въ прежнемъ порядкѣ. Напримѣръ, если размахи (фиг. 3) были $y_1 = +7$ и $y_2 = -5$, то далѣе будутъ повторяться периодически тѣ же размахи: $y_1 = +7$ и $y_2 = -5$. Такимъ образомъ проволоки обмотокъ и ихъ соединенія можно разбить на совершенно одинаковыя группы, причемъ конечная проволока каждой группы будетъ непосредственно предшествовать начальной проволокѣ слѣдующей группы. Итакъ заданіе обмотки упрощается еще, ибо достаточно задать размахи для какой либо одной группы и затѣмъ повторять группы размаховъ требуемое число разъ. Растояніе начальныхъ проволокъ двухъ послѣдовательныхъ группъ будетъ равно, какъ это очевидно изъ фиг. 3 и 4, алгебраической суммѣ всѣхъ размаховъ, входящихъ въ одну



Фиг. 4.

группу. Для фиг. 3 это растояніе, которое мы будемъ называть *заключительнымъ размахомъ* въ отличие отъ *послѣдовательныхъ размаховъ*, y_1, y_2 , равно: $y = +y_1 + (-y_2) = y_1 - y_2$. Для фиг. 4 $y = y_1 + y_2 = +7 + (+5) = +12$. Длины размаховъ мы будемъ всегда выражать въ единицахъ δ . Слѣдовательно, если $y = +12$, то это значитъ, что длина заключительного размаха

$$y_1 = +7$$

$$y_2 = -5$$

равна $= - + 12 \times \delta$. Повторяя группы размаховъ, мы соединяемъ отдельныя проволоки якоря или элементы послѣдовательно. Каждый послѣдовательный размахъ прибавляетъ по одной проволокѣ къ предыдущимъ. Поэтому, если въ группѣ s размаховъ, то въ ней s проволокъ якоря соединены послѣдовательно. Съ каждой новой группой размаховъ или съ каждымъ новымъ заключительнымъ размахомъ мы захватываемъ съ элементовъ. Послѣ завершения t заключительныхъ размаховъ можетъ случиться, что будуть захвачены всѣ s проволокъ:

$$mc = s \dots \dots \dots \quad (1).$$

Съ другой стороны, каждый заключительный размахъ передвигаетъ исходный элементъ съ дующей группы размаховъ на длину $= y$; t заключительныхъ размаховъ передвинутъ исходный элементъ $(m+1)$ -й группы на $+ my$, причемъ эта длина будетъ, согласно только что сдѣланному предположенію—кратная s —длины окружности якоря при единицѣ $= \delta$:

$$my = ns \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$\text{или } \frac{m}{n} y = s = mc, \text{ откуда}$$

$$y = nc \dots \dots \dots \quad (3).$$

При этихъ условіяхъ исходныя проволоки 1 -й и $(m+1)$ -й группъ совпадутъ, и мы получимъ замкнутую на себя обмотку. Въ противномъ случаѣ мы получимъ обмотку разомкнутую, но такія обмотки въ этой статьѣ мы не будемъ рассматривать.

Если t и n въ уравненіяхъ (1) и (3) будутъ числа первыя между собой, то есть s будетъ общимъ наибольшимъ дѣлителемъ s и y , то мы получимъ, сдѣлавъ t заключительныхъ размаховъ, только одну замкнутую на себя обмотку, въ которой всѣ проволоки или элементы будутъ соединены послѣдовательно. Но можетъ случиться, что t и n будутъ имѣть общаго дѣлителя t , такъ что:

$$m = m't \text{ и } n = n't.$$

Въ этомъ случаѣ уравненія (1) и (2) можно сократить на t :

$$m'c = \frac{s}{t} \dots \dots \dots \quad (1')$$

$$m'y = n's \dots \dots \dots \quad (2').$$

Уравненіе (2') говоритьъ намъ, что сдѣлавъ m' заключительныхъ размаховъ, мы передвинемъ исходный элементъ $(m'+1)$ -й группы на длину, кратную s или на $(n's)$, причемъ исходный элементъ $(m'+1)$ -й группы совпадеть съ 1-мъ элементомъ 1-й группы; такимъ образомъ получится опять замкнутая обмотка. Но отличие отъ первого случая здѣсь то, что $m' < m$ и потому, хотя послѣ m' заключительныхъ размаховъ и получится замкнутая обмотка, но при этомъ захвачено будетъ лишь $\frac{s}{t}$ проволокъ, гдѣ $\frac{s}{t}$ есть цѣлое число, равное $m'c$. Изъ каждой совокупности $(\frac{s}{t} = m'c)$ проволокъ составится замкнутая обмотка. Число такихъ обмотокъ будетъ t ; въ такомъ случаѣ говорятъ, что обмотка якоря t —кратная.

Въ предыдущемъ мы предполагали, что каждый элементъ быть захваченъ однимъ только размахомъ. Вообще этого можетъ и не быть, а потому необходимо найти условія, при которыхъ каждый элементъ былъ бы захваченъ одинъ разъ. Но прежде необходимо замѣтить, во избѣженіе недоразумѣній, что данная проволока считается захваченной нѣкоторымъ размахомъ, если на этой проволокѣ послѣдній закончился; слѣдовательно, размахъ, исходящій изъ данной проволоки, не даетъ основанія считать эту проволоку захваченной.

Выберемъ изъ совокупности проволокъ на окружности якоря нѣкоторую произвольную № k и сдѣлаемъ отъ нея, напримѣръ въ положительномъ направлѣніи, a заключительныхъ размаховъ; тогда послѣдній изъ нихъ захватить элементъ № $(k+ay)$. Исходя изъ этого элемента или проволоки № k , сдѣлаемъ a_1 заключительныхъ размаховъ и одинъ послѣдовательный размахъ $= y_1$; мы захватимъ послѣднимъ размахомъ элементъ № $(k+ay+y_1)$. Но не трудно замѣтить, что если a и a_1 будутъ совершенно произвольныя цѣлые числа, то количества $(k+ay) = n_0$ и $(k+a_1y+y_1) = n_1$ будутъ вообще больше числа s означающаго число проволокъ на окружности якоря. Поэтому, чтобы получить дѣйствительныя номера элементовъ, соотвѣтствующихъ числамъ n_0 и n_1 , необходимо изъ нихъ вычесть столько разъ s , чтобы получить разность меньше s . Элементы, захваченные послѣдними размахами въ обоихъ случаяхъ, не измѣняются; только вмѣсто порядковыхъ номеровъ ихъ, соотвѣтствующихъ полному числу сдѣланныхъ размаховъ, мы получимъ дѣйствительные номера (фиг. 2, 3 и 4). Итакъ, дѣйствительные номера элементовъ, захваченныхъ въ двухъ предыдущихъ случаяхъ послѣдними размахами, будутъ:

$$\begin{cases} u_0 - \eta s = v_0 \\ u_1 - \eta_1 s = v_1 \end{cases} \dots \dots \dots \quad (4),$$

гдѣ η и η_1 нѣкоторыя произвольныя цѣлые числа. Очевидно условіе, чтобы ни одинъ изъ исходныхъ (первыхъ) элементовъ какой-либо группы не совпалъ со вторымъ элементомъ какой либо другой группы, выразится неравенствомъ:

$$v_0 \gtrless v_1 \dots \dots \dots \quad (5),$$

или, подставляя вмѣсто v_0 и v_1 , а также u_0 и u_1 , ихъ значенія,—неравенствомъ:

$$k + ay - \eta s \gtrless k + a_1y + y_1 - \eta_1 s \dots \dots \dots (5').$$

Но это неравенство приводится къ слѣдующему:

$$(a - a_1) y \gtrless y_1 + (\eta - \eta_1) s \dots \dots \dots (5'')$$

Здѣсь коэффиціенты $(a - a_1)$ и $(\eta - \eta_1)$ совершенно произвольныя цѣлые числа. Чтобы неравенство $(5'')$ выполнялось при всѣхъ значеніяхъ $(a - a_1)$, и $(\eta - \eta_1)$, необходимо и достаточно, чтобы y и s имѣли общаго множителя, который не заключался бы въ y_1 . Если этотъ множитель будетъ равенъ d , то раздѣливъ на него обѣ части послѣдняго неравенства, получимъ:

$$(a - a_1) \frac{y}{d} \gtrless \frac{y_1}{d} + (\eta - \eta_1) \frac{s}{d} \dots \dots \dots (5''').$$

Такъ какъ $\frac{y_1}{d}$, по условію, число дробное, а остальные члены неравенства числа цѣлые, то неравенство $(5''')$ будетъ справедливо при всѣхъ цѣлыхъ значеніяхъ произвольныхъ коэффиціентовъ $(a - a_1)$ и $(\eta - \eta_1)$. Условіе, что ни одинъ изъ исходныхъ элементовъ произвольно выбранной группы не совпадаетъ съ третьимъ элементомъ какой либо другой группы напишется аналогично предыдущему:

$$(a - a_1) y \gtrless y_1 + y_2 + (\eta - \eta_1) s \dots \dots \dots (6).$$

Это неравенство также будетъ выполнено при всѣхъ цѣлыхъ значеніяхъ a , a_1 , η и η_1 , если y и s имѣютъ общаго множителя, который не содержитя въ $(y_1 + y_2)$. Разсуждая подобнымъ образомъ далѣе, найдемъ: чтобы исходный элементъ одной группы не совпалъ съ элементомъ № c другой группы, необходимо, чтобы y и s содержали общаго множителя, который не заключался бы въ суммѣ:

$$y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{(c-1)}.$$

Такимъ образомъ, чтобы исходный элементъ одной группы не совпалъ съ какимъ либо элементомъ другой группы, необходимы вышеприведенные $(c-1)$ условія. Подобныя же условія и въ такомъ же числѣ получили бы для второго, третьаго и т. д. и, наконецъ, для c -го элемента первой произвольной группы. Всего условій будетъ c $(c-1)$. Эти условія можно сопоставить слѣдующимъ образомъ: y и s должны заключать общаго множителя, котораго не должно заключаться въ:

Для 1-го элемента 1-й группы:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 \\ y_1 + y_2 \\ \dots \dots \dots \\ y_1 + y_2 + \dots + y_{c-1} \end{array} \right.$$

Для 2-го элемента 1-й группы:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_2 \\ y_2 + y_3 \\ \dots \dots \dots \\ y_2 + y_3 + \dots + y_{c-1} + y_c \end{array} \right.$$

Для $(c-1)$ -го:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{c-1} \\ y_{c-1} + y_c \\ \dots \dots \dots \\ y_{c-1} + y_c + y_1 + y_2 + \dots + y_{c-3} \end{array} \right.$$

Для c -го:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_c \\ y_c + y_1 \\ y_c + y_1 + y_2 \\ y_c + y_1 + \dots + y_{c-2} \end{array} \right.$$

Во всѣхъ вышеприведенныхъ условіяхъ допускается только совпаденіе элемента № x нѣкоторой группы съ элементомъ № x другой группы, т. е. 1-го съ 1-мъ, 2-го съ 2-мъ и т. д. Но это есть необходимое слѣдствіе условія замкнутости обмотки. Къ этимъ условіямъ необходимо присоединить еще одно: чтобы послѣдній послѣдовательный размахъ y_c второй произвольной группы захватилъ бы элементъ, аналогичный съ исходнымъ элементомъ первой произвольной группы, что выполнится непремѣнно, такъ какъ $y = y_1 + y_2 + \dots + y_c$ и, слѣдовательно неравенство:

$$(a - a_1) y \gtrless y_1 + y_2 + \dots + y_c + (\eta - \eta_1) s \dots \dots \dots (2'')$$

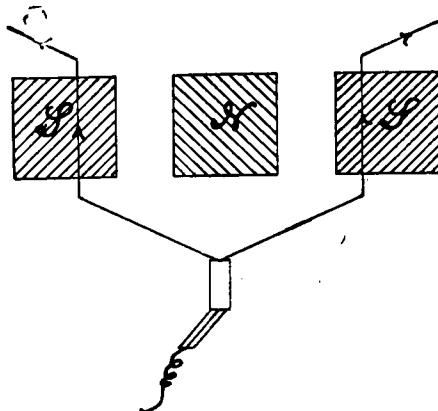
не исключаетъ и равенства.

Послѣднее условіе можетъ быть выражено и такъ: исходный элементъ одной какой либо группы долженъ непремѣнно совпасть съ исходнымъ элементомъ нѣкоторой другой группы, что совершенно необходимо для образования замкнутой обмотки. Это послѣднее условіе уже было выведено раньше и формулировано въ уравненіяхъ (2) и $(2')$. (Обыкновенно $c = 2$, т. е. заключительный размахъ состоитъ изъ двухъ послѣдовательныхъ размаховъ y_1 и y_2 ($y = y_1 + y_2$). Если $s = 90$, $y = 42$, то $y_1 = 21$ и $y_2 = 21$ возможны, такъ какъ общий множитель s и y , равный $= 6$, не содержитя ни въ y_1 , ни въ y_2).

Выше мы разсматривали обмотку динамомашины независимо отъ ея отношенія къ магнитному полю индукторовъ. Теперь мы будемъ разсматривать обмотку въ отношеніи ея къ индуктирующему магнитному полю. Положимъ, обмотка наша замкнутая и симметрична по отношенію къ магнитному полю (случаи несимметрии, т. е. неодинакового числа проволокъ, приходящихся на одинъ полюсъ, будуть выяснены на примѣрахъ). Въ такомъ случаѣ, предположивъ, что обмотка движется въ магнитномъ полѣ, мы легко уяснимъ себѣ, что расположение проволокъ якоря и ихъ соединеній по отношенію къ магнитному полю можно считать неизмѣннымъ съ тѣмъ менѣей погрѣшностью, чѣмъ меныше разстояніе между двумя соседними проволоками якоря по отношенію къ длинѣ окружности послѣдняго. Можно себѣ представить, что мы смотримъ на обмотку сквозь прорѣзы въ кружкѣ, причемъ скорость движения прорѣзовъ равна скорости движения обмотки: обмотка намъ покажется неподвижною. Увеличивая или уменьшая незначительно скорость вращенія кружка, мы будемъ

видѣть различныя положенія казавшейся неподвижною обмотки по отношенію къ магнитному полю, причемъ обмотка будетъ казаться медленно перемѣщающеюся въ обратную сторону въ первомъ случаѣ и въ сторону истиннаго движенія во второмъ.

Съ практической точки зрењія этой по-
грѣшностью можно пренебречь; въ противномъ
случаѣ мы можемъ разсмотрѣть нѣсколько мо-
ментальныхъ положеній обмотки въ предѣлахъ
центрального угла, образуемаго двумя радиусами,
проведенными къ осямъ двухъ сосѣднихъ про-
воловокъ (фиг. 1, уголъ α). И такъ мы рассматри-
ваемъ моментальное положеніе движущейся
обмотки по отношенію къ магнитному полю,
причемъ можемъ считать обмотку
неподвижною. Въ проволокахъ якоря
будутъ индуктироваться электро-
движущія силы, которая въ двухъ
проводникахъ, соединенныхъ между
собой послѣдовательнымъ разма-
хомъ могутъ или складываться, или
вычитаться. Въ первомъ случаѣ элек-
тродвижущія силы въ обѣихъ про-
воловокахъ должны быть противопо-
ложнаго направлени¤, во второмъ—
одинаковаго. Въ послѣднемъ случаѣ
достаточно будетъ проводникъ, со-
единяющій обѣ проволоки сооб-
щить съ коллекторной пластинкой,
къ которой прижать щетку, чтобы
можно было утилизировать обѣ
электродвижущія силы во вѣн-
чай цѣпи (фиг. 5). Въ первомъ случаѣ можно



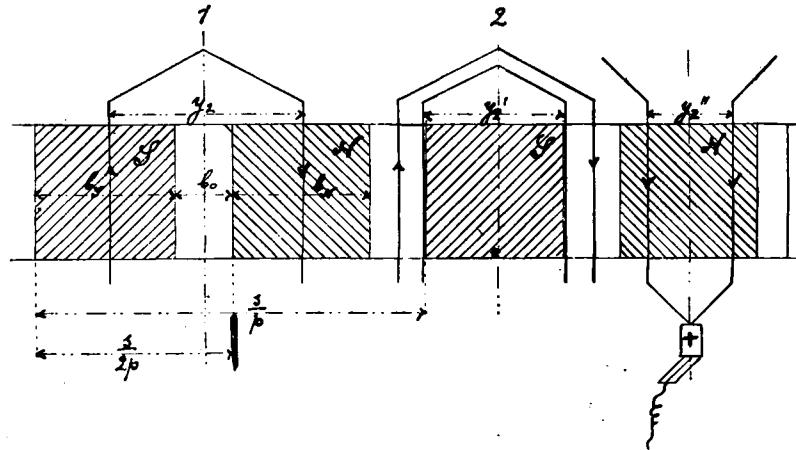
Фиг. 5.

сообщить съ коллекторными пластинками проводники, соединяющіе обѣ проволоки съ соседними проволоками и къ коллекторнымъ пластинкамъ прижать щетки. Въ практикѣ обыкновенно устраиваютъ коллекторъ и щетки съ одной стороны якоря, которую мы будемъ называть передней; поэтому размахи соединеній съ задней стороны должны быть таковы, чтобы соединяемыя проволоки обладали бы всегда противоположными электродвигущими силами, а это значитъ

что эти проволоки должны всегда лежать въ поляхъ противоположной полярности. Если число паръ полюсовъ равно p , то ширина поля равна $\frac{s}{p}$. Ширина же полюса равна: $\frac{s}{2p}$. Поэтому раз-
макъ на задней сторонѣ якоря долженъ удов-
летворять слѣдующему условію:

$$y_{2\kappa} = y_2 = y_4 = \dots = \frac{s}{2p}.$$

Но если, какъ это въ дѣйствительности и бываетъ, въ полѣ существуютъ нейтральныя полосы между полюсами, то величину u_{2k} мы можемъ измѣнять въ нѣкоторыхъ предѣлахъ. Пусть ширина нейтральной полосы равна b , тогда



Фиг. 6.

(фиг. 6) y_{2k} должно удовлетворять следующему неравенству:

$$\frac{s}{2p} - b < y_{2k} < \frac{s}{2p} + b \dots \dots \quad (7),$$

причём здесь предполагается, что y_{2k} заключается в предлахъ:

$$0 < y_{2k} < \frac{s}{p}.$$

Если же $y_{2k} > \frac{s}{p}$, то

$$y_{2k} = y_{2k} + \lambda \frac{s}{p},$$

гдѣ λ цѣлое число, а $y_{2k}' < \frac{s}{p}$, и предыдущему неравенству долженъ удовлетворять y_{2k}' . Наименьшій предѣлъ размаха y_{2k-1} со стороны коллектора можетъ быть нѣсколько меньше $\frac{s}{2p} - b$, но надежнѣе и въ этихъ случаяхъ придерживаться предѣлъ:

$$\frac{s}{2^n} - b < \left(y_{2k-1} - \lambda \frac{s}{n} \right) < \frac{s}{2^n} + b \dots (7')$$

Предположимъ теперь, что мы имѣемъ обмотку, послѣдовательные размахи соединеній которой удовлетворяютъ неравенствамъ (7) и (7').

Рассмотримъ какую либо группу. Размахи нечетного порядка ведутъ къ проволокамъ, электродвижущія силы въ которыхъ направлены противоположно электродвижущій силѣ первой проволоки или элемента нашей группы; размахи четного порядка ведутъ къ проволокамъ, въ которыхъ электродвижущія силы направлены въ одну сторону съ э. д. с. первого элемента группы. Выше было сказано, что группа есть такая совокупность проволокъ и ихъ соединеній (или размаховъ), которая повторяется во всей обмоткѣ цѣлое число разъ и притомъ такъ, что послѣдній размахъ группы A ведетъ отъ послѣдняго элемента ея къ первому группы B . Поэтому число проволокъ ($=c$) въ группѣ и число послѣдовательныхъ размаховъ (тоже $=c$) должно быть непремѣнно четное: иначе мы не вернемся на ту же сторону якоря, съ которой начали группу A , и группы A и B не были бы совершенно одинаковы. Поэтому электродвижущія силы группъ A и B , соединяемыхъ послѣдовательно послѣднимъ размахомъ № c первой группы, будутъ складываться только при условіи, что *первая проволока обѣихъ группъ лежатъ въ поляхъ одинаковой полярности*. Отсюда слѣдуетъ, что мы можемъ соединять послѣдовательно группы, пока первый элементъ послѣдней присоединенной группы не окажется сдвинутымъ въ полѣ по отношенію къ первому элементу первой группы на величину $\frac{s}{2p}$, т. е. на ширину полюса, сложенной съ шириной нейтральной полосы. Исходный элементъ группы A предполагается лежащимъ въ нейтральной полосѣ, посрединѣ ея. Тогда соединеніе, ведущее къ первому элементу слѣдующей группы должно быть сообщено со щеткой. Положимъ намъ удалось соединить послѣдовательно μ группъ. Разстояніе между первыми элементами слѣдующихъ одна за другой группъ равно y . Дѣйствительный же шагъ слѣдующей группы въ полѣ равенъ:

$$y - \varepsilon \frac{s}{p} < \frac{s}{p},$$

гдѣ ε цѣлое число; если же y отрицательный, то $\varepsilon \frac{s}{p}$ нужно взять со знакомъ (+). Для обоихъ случаевъ получимъ: шагъ группы въ полѣ равенъ—

$$\pm y \mp \varepsilon \frac{s}{p} = \pm 1. \left(y - \varepsilon \frac{s}{p} \right);$$

и шаговъ должны быть равны $1/2$ ширины поля—

$$\pm \mu \left(y - \varepsilon \frac{s}{p} \right) = \frac{s}{2p} \dots \dots \dots (8).$$

Такъ какъ одинъ заключительный размахъ соответствуетъ c захваченнымъ элементамъ, то, назвавъ число паръ щетокъ или число параллельныхъ вѣтвей якоря a , получимъ:

$$\frac{s}{\mu c} = 2a \dots \dots \dots (9)$$

Исключая изъ уравненій (8) и (9) μ , найдемъ:

$$y = \frac{1}{p} (\varepsilon s \pm ca) \dots \dots \dots (10)$$

$$\mu = \frac{s}{2ac} \dots \dots \dots (11).$$

Первое уравненіе опредѣляетъ величину заключительного размаха, второе—число послѣднихъ между двумя послѣдовательными и разноименными щетками. Разстояніе m между двумя послѣдовательными и разноименными щетками выразится такъ:

$$m = y\mu - s\gamma \dots \dots \dots (12),$$

гдѣ γ цѣлое число, а $m < s$.

Къ равенствамъ (10), (11) и (12) слѣдуетъ присоединить основное условіе:

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_c,$$

а также выведенныя выше условія, ограничивающія значенія y_1, y_2, \dots, y_c .

Если въ группѣ c элементовъ или проволокъ и, слѣдовательно, заключительный размахъ будетъ состоять изъ c послѣдовательныхъ размаховъ, то разстояніе между двумя щетками на коллекторѣ, отнесенное къ разстоянію между двумя сѣдними коллекторными пластинками, будетъ:

$$m_k = \frac{m}{c} \dots \dots \dots (12),$$

гдѣ m есть остатокъ отъ дѣленія mu на s .

Теперь познакомимся на нижеслѣдующихъ примѣрахъ какъ примѣнить вышевыведенныя формулы ко всѣмъ тремъ типамъ якорей: кольцевымъ, барабаннымъ и дисковымъ.

A. Барабанные якоря. а) Волнообразная обмотка. 1) Дано $s=22, p=2, a=1, c=2$. Изъ формулы (10) получаемъ:

$$y = \frac{1}{2} (\varepsilon \cdot 22 \pm 2 \cdot 1) = \varepsilon \cdot 11 \pm 1.$$

Такъ какъ ε произвольное цѣлое число, то положимъ $\varepsilon=1$ и выберемъ знакъ (+), тогда

$$y = 11 + 1 = 12.$$

Мы предположили два послѣдовательныхъ размаха; слѣдовательно

$$y = y_1 + y_2 = 12$$

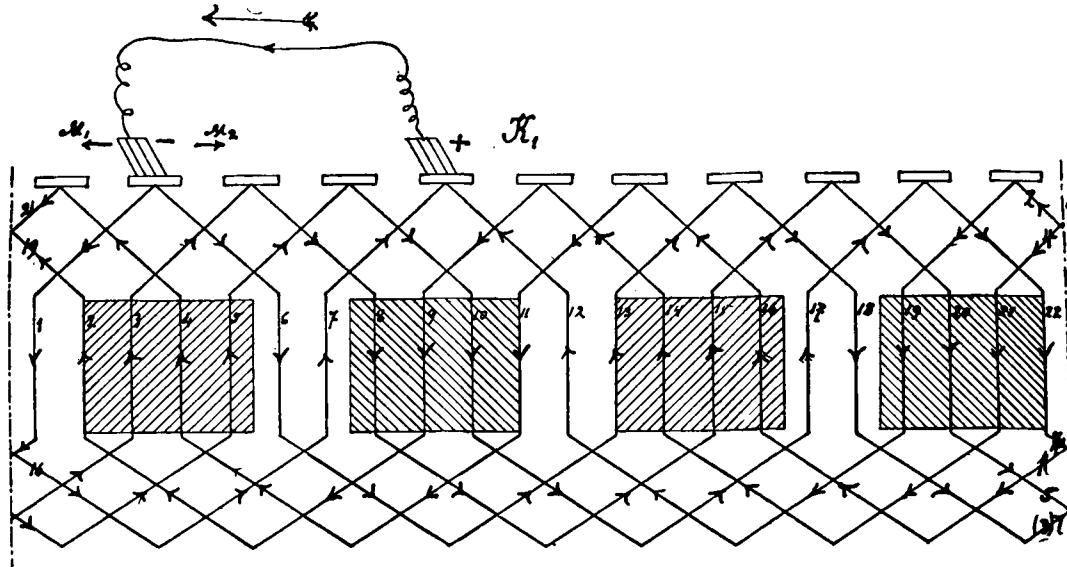
При этомъ y и s должны содержать общий множитель, который не долженъ заключаться въ y_1 и y_2 ,—условіе непрерывности и замкнутости обмотки. Такъ какъ s и y имѣютъ только одно общаго множителя $c=2$, то y_1 и y_2 должны быть нечетными. Положивъ $y_1=+5$, найдемъ $y_2=y-5=+7$. Изъ уравненія (11)

$$\mu = \frac{22}{2 \cdot 1 \cdot 2} = \frac{22}{4} = 5 + \frac{1}{2}.$$

Такой результатъ показываетъ, что обмотка не симметрична, т. е. въ одной половинѣ якоря, между щетками, будетъ 5 заключительныхъ размаховъ, въ другой 6:

$$\mu_1 = 5 \quad \mu_2 = 6$$

Расчитанная обмотка изображена на фиг. 7 и 8. Число проводниковъ, соединенныхъ последовательно, будетъ въ одной вѣтви $\mu_1 \times c = 5 \cdot 2 = 10$, въ другой $\mu_2 \times c = 6 \cdot 2 = 12$. Это недостатокъ обмотки, разумѣется, съ которымъ, однако, мириются иногда на практикѣ. Вслѣдствіе несим-



Фиг. 7.

метріи обѣихъ половинъ обмотки черезъ нее будеть пробѣгать переменный токъ. Этотъ токъ будеть расходовать на себя долю работы двигателя и нагрѣвать бесполезно обмотку. Разстояніе щетокъ, измѣренное по якорю, найдемъ изъ (12):

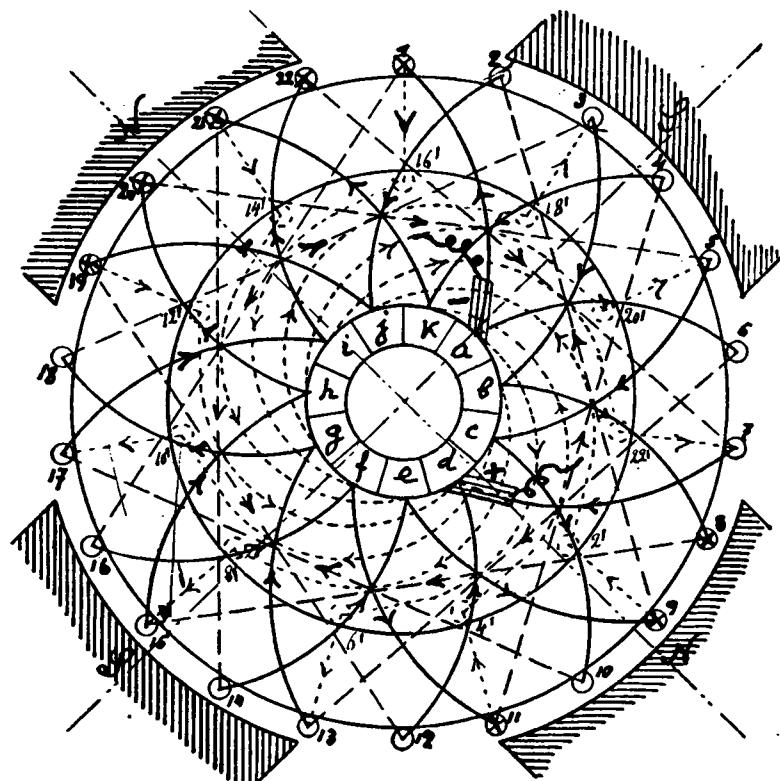
$$\begin{aligned} m_1 &= 5 \cdot 12 - \gamma_1 \cdot 22 = \\ &= 60 - \gamma_1 \cdot 22. \end{aligned}$$

Очевидно: $\gamma_1 = 2$, и поэтому

$$m_1 = + 16.$$

Замѣтимъ, что направление, въ которомъ мы получаемъ это разстояніе (будемъ его считать отъ щетки $+$, фиг. 7) обусловлено предположеніемъ, что въ этой сторонѣ отъ щетки до щетки содержатся $\mu_1 = 5$ заключительныхъ размаховъ. Такъ какъ всего проволокъ на якорѣ $s = 22$ и, слѣдовательно, длина окружности послѣдняго равна 22, то число 16 представляетъ большее разстояніе изъ двухъ, меньшее будеть:

$$m_1' = 22 - 16 = 6,$$



Фиг. 8.

что вполнѣ соответствуетъ чертежамъ 7 и 8. Значеніе $m_1=6$ мы получимъ, если будемъ измѣрять разстояніе между щетками въ направленіи, въ которомъ $\mu=\mu_2=6$:

$$m_2 = 6 \cdot 12 - \gamma_2 \cdot 22 = 72 - \gamma_2 \cdot 22.$$

Полагая здѣсь $\gamma_2=3$, получимъ

$$m_2 = 6.$$

Только что разсмотрѣнная обмотка была неравносторонняя, такъ какъ послѣдовательные размахи со стороны якоря и съ противоположной стороны не были равны. Теперь мы разсмотримъ равностороннюю обмотку.

2) Данныя тѣ же, что и въ случаѣ 1), но въ выраженіи для u мы возьмемъ знакъ $(-)$; въ такомъ случаѣ найдемъ:

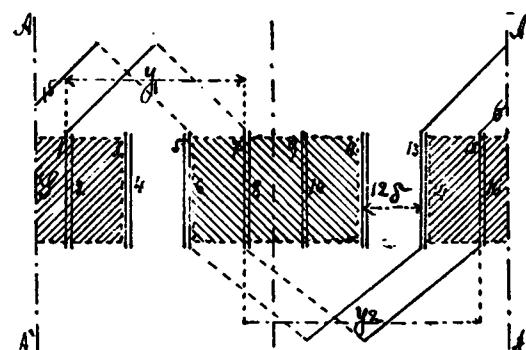
$$y = 10$$

Для послѣдовательныхъ размаховъ мы полу-
чимъ:

$$y_1 = y_2 = 5.$$

Условіе замкнутости обмотки въ самомъ об-
щемъ случаѣ по форм. (1') и (3) будетъ:

$$m'c = \frac{s}{t} \quad \text{и} \quad n'c = \frac{y}{t}.$$



Фиг. 10.

Если мы жѣлаемъ получить простую (не много-
кратную) обмотку, то $t=1$. Въ такомъ случаѣ,
такъ какъ m' и n' предполагаются взаимно-про-
стыми, съ долженъ быть общимъ наиболѣшимъ

дѣлителемъ чиселъ $s=22$
и $y=10$, что дѣйстви-
тельно и имѣть мѣсто;
(по (1) $c=2$). Далѣе
находимъ:

$$\nu = \frac{22}{2 \cdot 1 \cdot 2} = 5^{1/2}; \mu_1 =
= 5; \mu_2 = 6$$

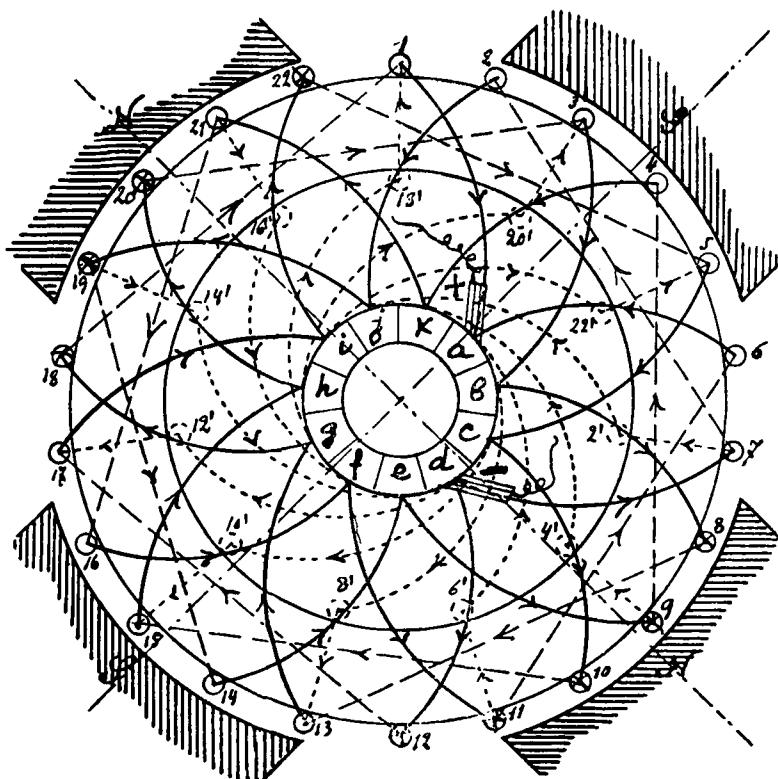
$$m_1 = 5 \cdot 10 - \gamma \cdot 22 = 6 \quad \text{и}
m_2 = 6 \cdot 10 - \gamma \cdot 22 = 16$$

при $\gamma = 2$; причемъ
 $m_1 + m_2 = 22 = s$.

Обмотка, соотвѣт-
ствующая только что ра-
зобранныму случаю пред-
ставлена на фиг. 9.

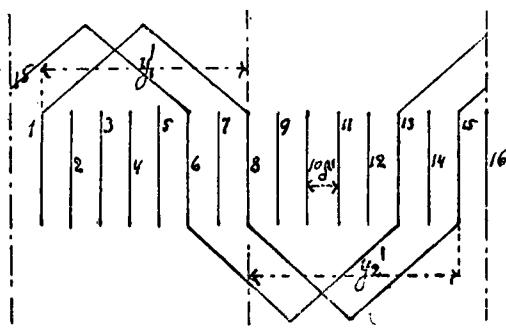
3) Обмотка въ два
слоя. Дано: $s=16$; $p=1$;
 $a=1$; $c=2$; $e=1$; вы-
числено: $y=\frac{18}{14}$. Полагая

$y=14$, можемъ принять:
 $y_1=y_2=7$. Эта об-
мотка въ дѣйствитель-
номъ видѣ изображена
на фиг. 10; на фиг. 1
показанъ спосѣбъ нуме-
раціи проводниковъ: всѣ
нечетные — въ нижнемъ
слоѣ. На фиг. 11 изобра-
жена та же обмотка, но
четные проводники вы-
двинуты и помѣщены



Фиг. 9.

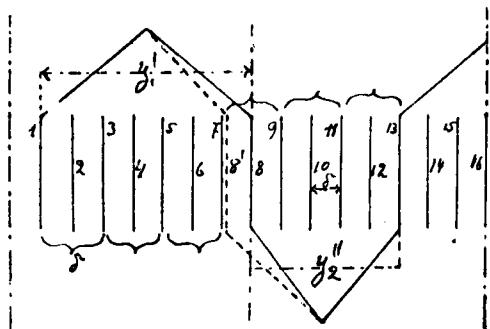
посреди нечетныхъ. Мы видимъ, что хотя на фиг. 11 согласно расчету получается равносторонняя обмотка, въ дѣйствительности получится



Фиг. 11.

неравносторонняя (фиг. 10). Наоборотъ, чтобы получить равностороннюю обмотку слѣдуетъ, при $c = 2$, послѣдовательные размахи, ведущіе къ четнымъ *) проволокамъ, при расчетѣ брать больше ведущихъ къ нечетнымъ на 2; т. е. (фиг. 12 и 10),

$$y_1 = y_2 + 2.$$



Фиг. 12.

Если $c = 4$, то условіе полученія равносторонней обмотки въ дѣйствительной схемѣ будетъ:

$$y_1 = y_3 = y_2 + 2 = y_4 + 2, \text{ где } y_1, y_2, y_3, y_4 —$$

относятся къ вспомогательной схемѣ. При $c = 2$ на дѣйствительной схемѣ послѣдовательные размахи будутъ:

$$y_1' = y_2' = \frac{y_1 - 1}{2} = \frac{y_2 + 1}{2}.$$

При $c = 4$ получимъ:

$$y_1' = y_3' = y_2' = y_4' = \frac{y_1 - 1}{2} = \frac{y_2 + 1}{2}.$$

Въ расчитанной такимъ образомъ обмоткѣ токъ въ проволокахъ 1, 2, 3, 4 и т. д. будетъ равенъ $\frac{i}{2}$, если i есть полный токъ якоря.

*) Точнѣе къ тѣмъ, которыя мы передвигаемъ изъ ихъ дѣйствительного положенія для начертанія вспомогательной схемы.

Д. Ф.

4) Многократная обмотка. Дано: $s = 90$; $p = 2$ (4-хъ полюсная), $a = 3$, $c = 2$; $t = 3$ (см. форм. 1'). Обмотка состоять изъ трехъ отдѣльныхъ замкнутыхъ частей. Токъ, который будеть циркулировать въ каждой части, равенъ $\frac{1}{3} \left(\frac{i}{2} \right)$, если i есть полный токъ якоря. Заключительный размахъ:

$$y = \frac{1}{2} (\varepsilon \cdot 90 \pm 3 \cdot 2) = \varepsilon \cdot 45 \pm 3.$$

Полагая $\varepsilon = 1$ и удерживая знакъ (—), найдемъ $y = 42$. Чтобы обмотка была замкнутая, частныхъ

$$\frac{s}{t} : c = \frac{90}{3} : 2 = 15 \text{ и } \frac{y}{t} : c = \frac{42}{3} : 2 = 7$$

должны быть взаимно-простыми, что въ данномъ случаѣ имѣеть мѣсто. Послѣдовательные размахи должны выражаться нечетными числами: $y_1 = y_2 = 21$. Число заключительныхъ размаховъ между щетками (одной и той же части)

$$\mu = \frac{90}{2 \cdot 3 \cdot 2} = 7\frac{1}{2}.$$

Слѣдовательно:

$$\mu_1 = 7; \mu_2 = 8;$$

$$m_1 = 7 \cdot 42 - 190 = 294 - 190$$

$$m_2 = 8 \cdot 42 - 190 = 336 - 190.$$

Полагая:

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 3,$$

найдемъ:

$$m_1 = 24, m_2 = 66,$$

причемъ:

$$m_1 + m_2 = s = 90.$$

Угловое разстояніе между щетками a равно:

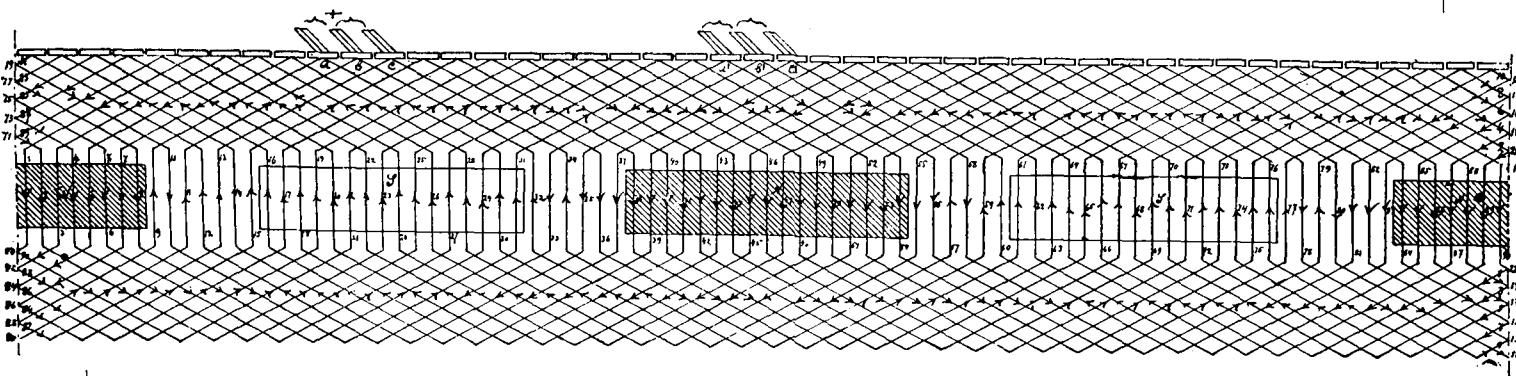
$$a = 360 \cdot \frac{24}{90} = 96^\circ.$$

Разстояніе между щетками по коллектору равно:

$$m_k = \frac{m}{c} = \frac{24}{2} = 12.$$

Такимъ образомъ мы получили четырехполюсную послѣдовательную обмотку, состоящую изъ 3-хъ независимыхъ обмотокъ и потому обладающую тремя парами щетокъ. Разумѣется три одноименные щетки можно замѣнить одной, которая бы перекрывала *не менѣе трехъ* пластинокъ на коллекторѣ. Послѣднее замѣненіе объясняется—какое практическое значеніе имѣеть вычисленное $a = 3$. Полученная расчетомъ обмотка представлена на фиг. 13, въ развернутомъ видѣ.

б) Петельная обмотка. 1) Какъ примѣръ петельной обмотки, мы разсмотримъ сначала четырехполюсную обмотку машины системы Тюри;



Фиг. 13.

(фигура 14). Дано: $s=32$; $p=2$, $a=2$, $c=2$, $t=1$. Расчетъ даетъ:

$$y = \frac{1}{2} (\varepsilon \cdot 32 \pm 2 \cdot 2 = \varepsilon \cdot 16 \pm 2).$$

Полагая въ послѣдней формулѣ $\gamma=0$, найдемъ:

$$m = -8; m_k = \frac{8}{c} = 4.$$

Чертежъ (фиг. 15) вполнѣ поясняетъ и подтверждаетъ полученный расчетомъ данныя.

2) Разсмотримъ еще интересный примѣръ двуполюсной обмотки съ четырьмя щетками. Дано: $s=18$, $p=1$, $c=2$, $y=4$. Получаемъ расчетомъ;

$$y=4 = \frac{1}{1} (\varepsilon \cdot 18 \pm a \cdot 2) \quad \varepsilon=1; \\ y_1=-5; y_2=+9.$$

Полагая $\varepsilon=0$, найдемъ: $a=2$, т. е. получаемъ четыре щетки.

$$\mu = \frac{18}{2 \cdot 2 \cdot 2} = 2^{1/4}.$$

Положимъ: $\mu_1 = 3$, $\mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 2$; въ такомъ случаѣ:

$$\frac{\varepsilon \mu}{4} = \frac{9}{4} = 2^{1/4} = \mu,$$

т. е. избранныя значения для μ_1 и т. д. удовлетворяютъ вычисленному μ , которое въ данномъ случаѣ даетъ среднее значение числа заключительныхъ размаховъ между двумя разноименными щетками. Число коллекторныхъ пластинокъ будетъ:

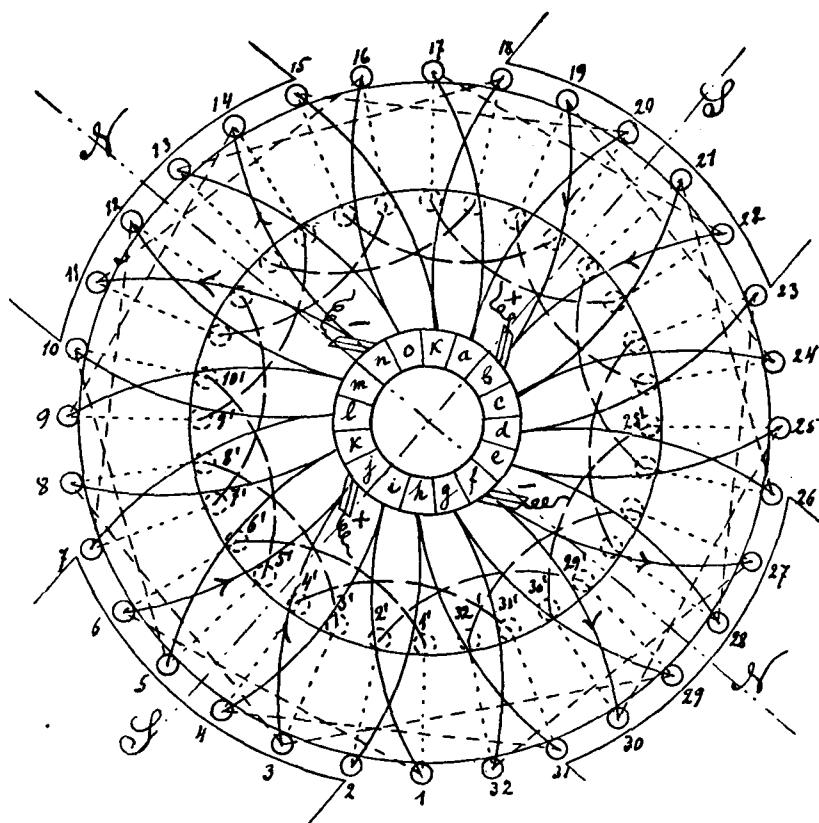
$$\frac{s}{c} = \frac{18}{2} = 9.$$

Полагая $\varepsilon=0$, найдемъ: $y = \pm 2$. Удерживаемъ нижній знакъ $(-)$. Въ такомъ случаѣ: $y_1=+3$ и $y_2=-5$;

$$\mu = \frac{32}{2 \cdot 2 \cdot 2} = 4; m = 4_1(-2) + 1_1 3_2.$$

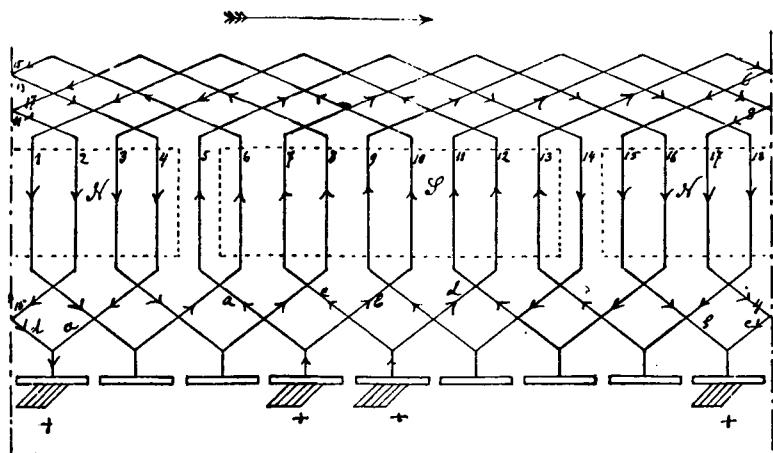
Разстоянія щетокъ по коллектору получатся слѣдующія, полагая $\gamma=0$:

$$m_k = \frac{m_1}{c} = \frac{3 \cdot 4 - \gamma \cdot 18}{2} = 6.$$



Фиг. 14.

Это разстояние нужно мѣрить въ направлениі, въ которомъ идутъ заключительные размахи вѣтви, имѣющей 3 такихъ размаха (см. фиг. 15,



Фиг. 15.

вѣтви a). Наименьшее разстояніе между щетками, соотвѣтствующее вѣтви (a), къ которымъ послѣдняя примыкаетъ, будетъ: $s - M_k = 9 - 6 = 3$. Точно также получимъ:

$$M_k'' = \frac{M_2}{c} = \frac{2 \cdot 4}{2} = 4 = M_k''' = M_k^{\text{VI}}.$$

Схема, представленная на фиг. 16, вполнѣ соотвѣтствуетъ нашему расчету.

Б. Кольцевые якоря. Для расчета соединеній въ кольцевыхъ якоряхъ достаточно вышевыведенныхъ формулъ. Въ самомъ дѣлѣ: разсмотримъ (схема фиг. 9) заключительный размахъ, исходящій отъ элемента № 1 и состоящій изъ соединеній: (1—a), (a—6) и (6—11). Перемѣстимъ проволоку № 6, соотвѣтствующую первому послѣдовательному размаху ($y_1 = 5$) или соединеніямъ (1—a) и (a—6), внутрь якорного сердечника и расположимъ ее противъ проволоки № 11, съ которой проволока № 6 соединяется на задней сторонѣ якоря размахомъ $y_2 = 5$ или соединеніемъ (6—11). Тогда направленія электродвижущихъ силъ въ проводникахъ 1 и 6 не измѣняются, только соединенія (a—6) и (6—11) замѣнены будутъ соединеніями (a—6') и (6'—11). Сдѣлавъ то же самое съ остальными группами, какъ это показано пунктиромъ на фиг. 9, получимъ кольцевую обмотку для четырехполюснаго якоря, обладающую двумя щетками, т. е. послѣдовательную. Такая обмотка была предложена Перри и извѣстна подъ его именемъ. Единица для измѣренія размаховъ теперь сдѣлалась вдвое больше, но и разстояніе между соединяемыми проводниками (1 и 6') также теперь вдвое больше, а потому числовыя величины нечетныхъ размаховъ останутся безъ измѣненія ($y_1 = 5$), величины же четныхъ (заднихъ) размаховъ сдѣлаются равными нулю ($y_2 = 0$). Слѣдовательно, теперь заключительный размахъ $y = y_1 + y_2 = 5 + 0 = 5$. Если мы прослѣдимъ какой либо по-

слѣдовательный размахъ полученной кольцевой обмотки, то замѣтимъ, что онъ соединяетъ проволоки, лежащія въ одноименныхъ поляхъ; напримѣръ, проволока № 21 соединяется съ проволокой № 4', а, слѣдовательно, и съ проволокой № 9, причемъ проволоки № 21 и № 9 лежать въ поляхъ полярности N . Такія обмотки называются *эквиполярными*. Можно перейти отъ барабанной обмотки къ кольцевой еще иначе. Для поясненія обратимся къ схемѣ фиг. 14. Помѣстимъ внутри якоря, подъ каждой проволокой, другую проволоку; напримѣръ подъ проволокой № 1, проволоку № 1'. Затѣмъ соединимъ на задней поверхности якоря эти двѣ проволоки проводникомъ (11') и перенесемъ соединеніе (1—6), соотвѣтствующее четному размаху $y_2 = 5$, напереднюю сторону якоря, въ положеніе (1'—6').

Поступивъ также со всѣми группами проволокъ и соединеній, мы получимъ кольцевую обмотку изъ барабанной. Въ этой кольцевой обмоткѣ каждый послѣдовательный размахъ ведетъ къ проволокѣ, лежащей въ полѣ противоположной полярности. Напримѣръ размахи 31—2 и 2'—29'. Въ противномъ случаѣ соотвѣтствующіе проводники сообщаются со щеткой; напримѣръ проволоки № 30 и № 27. Такія кольцевые обмотки называются *антитиполярными*. Въ этомъ случаѣ послѣдовательные и заключительные размахи остались безъ перемѣны по сравненію съ размахами барабанной обмотки, изъ которой мы исходили.

Полученная на фиг. 14 кольцевая обмотка интересна въ томъ отношеніи, что въ ней число коллекторныхъ пластинокъ не равно числу секцій, какъ это обыкновенно бываетъ въ кольцевыхъ обмоткахъ, но вдвое менѣе.

Примѣръ: $s = 32$, $p = 2$, $a = 2$, $t = 1$, $c = 1$. Обмотка пусть будетъ эквиполярная.

$$y = \frac{1}{2} (\epsilon \cdot 32 \pm 2 \cdot c').$$

При переходѣ отъ кольцевой обмотки къ барабанной надо имѣть въ виду, что число послѣдовательныхъ размаховъ въ эквиполярныхъ обмоткахъ вдвое менѣе числа послѣдовательныхъ размаховъ въ соотвѣтствующихъ (вспомогательныхъ) барабанныхъ. Поэтому мы должны принять: $c' = 2c = 2$. Слѣдовательно:

$$y = \epsilon \cdot 16 \pm 2$$

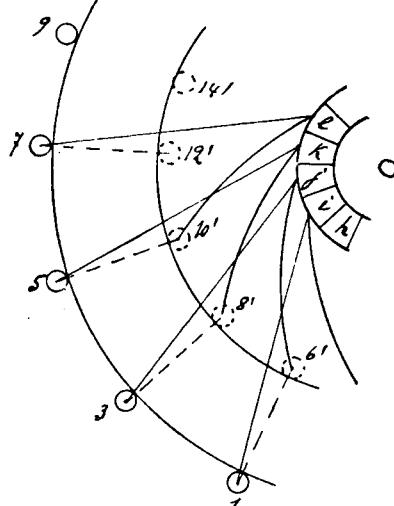
или, при $\epsilon = 0$, $y = 2 = y_1 + y_2$

$$\frac{s}{2p} = \frac{32}{2 \cdot 2} = 8.$$

Положимъ ширину нейтральной полосы $b = 2$. Тогда минимумъ $y_2 = \frac{s}{2.2} - 2 = 6$. Примемъ: $y_1 =$

-5 , $y_2 = +7$. Размахъ кольцевой обмотки будеть: $y_k' = 5$, $y_k'' = 0$.

Изъ петельныхъ параллельныхъ обмотокъ для барабанныхъ якорей получаются по первому способу (эквиполярному) обыкновенная кольцевая обмотки, представляющая изъ себя непрерывную винтовую линію около сердечника (фиг. 16).



Фиг. 16.

В. Дисковые якоря. Обмотки дисковыхъ якорей до такой степени схожи съ обмотками барабанныхъ якорей, что распространяться объ нихъ излишне послѣ всего сказанного выше. Мы приведемъ лишь два примѣра волнообразной обмотки.

1) Дано:

$$s = 22, \quad p = 2, \quad a = 1, \quad c = 2, \quad t = 1$$

$$y = \frac{1}{2} (\epsilon \cdot 22 \pm 1 \cdot 2) = 11 - 1 = 10;$$

$$\frac{y}{c} = \frac{10}{2} = 5; \quad \frac{s}{c} = \frac{22}{2} = 11.$$

Послѣднія два равенства показываютъ, что обмотка получится замкнутая. Далѣе находимъ: $y_1 = 7$, $y_2 = 3$. Такъ какъ должно быть:

$$\frac{s}{2p} - b \leq (y_2 = 3),$$

то

$$\frac{22}{4} - 3 \leq b,$$

или $b = 2,5$:

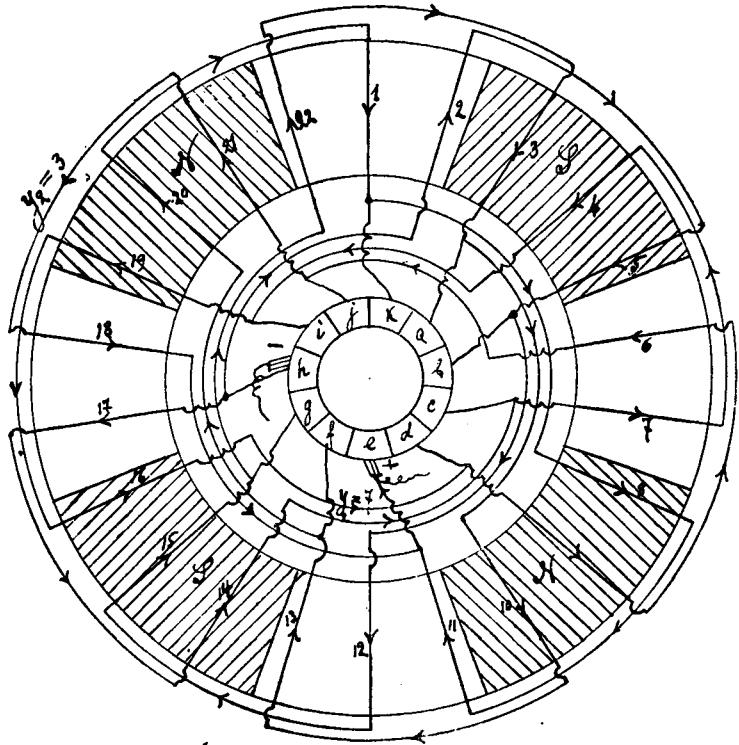
$$\mu = \frac{22}{2 \cdot 1 \cdot 2} = 5^{1/2}; \quad \mu_1 = 5; \quad \mu_2 = 6.$$

$$m_k' = \frac{5 \cdot 10 - \gamma_1 \cdot 22}{2} = (25 - \gamma_1 \cdot 11)_{\gamma_1=2} = 3.$$

Изъ схемы (фиг. 17) ясно, что для дисковыхъ якорей, для экономіи въ проволокѣ, выго-

днѣ брать четные размахи (на виѣшней окружности якоря) меньше нечетныхъ (на внутренней окружности якоря). Обмотка Мюллера отличается отъ только что разсчитанной лишь тѣмъ, что въ ней $y_1 = y_2$.

2) Обмотка Дерозье; (фиг. 18). Дано: $s =$



Фиг. 17.

$= 32$, $p = 3$, $a = 1$; $c = 4$; $t = 1$. Находимъ:

$$y = \frac{1}{3} (\epsilon \cdot 32 \pm 1 \cdot 4).$$

Полагая $\epsilon = 2$, получимъ:

$$y = \frac{64 \pm 4}{3} = \frac{64 - 4}{3} = 20;$$

$$\frac{y}{c} = \frac{20}{4} = 5; \quad \frac{s}{c} = \frac{32}{4} = 8.$$

Слѣдовательно условіе замкнутости выполнено.

$$\mu = \frac{32}{2 \cdot 1 \cdot 4} = 4; \quad m_k = \frac{4 \cdot 20 - \gamma \cdot 32}{4};$$

полагаемъ $\gamma = 2$:

$$m_k = 4.$$

Число необходимыхъ коллекторныхъ пластинокъ равно:

$$\frac{s}{c} = \frac{32}{4} = 8.$$

Такимъ образомъ получаемъ двѣ щетки, расположенные по концамъ одного диаметра. Дерозье сверхъ всего вышесказанного дѣлить еще

каждую коллекторную пластинку на три взаимно-изолированные части. Съ одной соединяется онъ первый элементъ группы, соотвѣтствующей данной пластинкѣ, съ двумя остальными первые элементы группы, лежащіе относительно этихъ пластинокъ на $\frac{2\pi}{3} = \frac{360}{3} = 120$ впереди и позади. Такъ, напри-

При этомъ y и s имѣютъ общаго множителя = 4, который не содержится ни въ одной изъ суммъ, отмѣченныхъ скобками. Далѣе найдемъ:

$$b = \frac{s}{2p} - 5 = 4,6; \mu = \frac{96}{2 \cdot 1 \cdot 4} = 12;$$

$$m_k = \frac{12 \cdot 20 - 1 \cdot 96}{4} = 12.$$

Число коллекторныхъ пластинокъ будетъ равно:

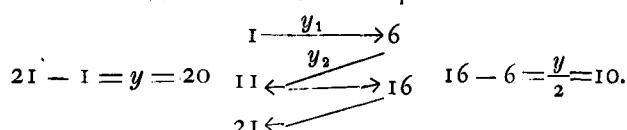
$$\frac{s}{e} = \frac{96}{4} = 24.$$

Слѣдовательно щетки будутъ лежать по концамъ одного діаметра. Каждую коллекторную пластинку можно раздѣлить на 5 изолированныхъ частей, одну сообщить съ соотвѣтствующимъ первымъ элементомъ, а остальная съ элементами, лежащими на $\frac{2\pi}{5} = \frac{360}{5} = 72^\circ$ отъ

этихъ послѣднихъ. Всего получатся $24 \times 5 = 120$ пластинокъ, причемъ равномѣрность силы тока при коммутированіи будетъ почти полная.

Г. Таблицы соединений обмотокъ. Есть еще способъ изображать соединенія въ обмоткахъ, не пользуясь чертежомъ, который зачастую можетъ получиться слишкомъ труднымъ для чтенія. Для того, чтобы показать, какъ составляются подобныя таблицы, возьмемъ для примѣра только что рассчитанный 10-ти полюсный якорь. Отъ проволоки № 1 соединеніе идетъ къ проволокѣ

№ (1 + y_1) = № (1 + 5) = № 6, отъ 6-й идемъ къ 11-й и. т. д. Это можно изобразить такъ:



мѣръ пластинка a' соединяется съ элементомъ (21), а пластинка a'' — съ элементомъ (13). Такимъ образомъ мы получимъ всего $8 \times 3 \times 24$ коллекторныхъ пластинокъ, вслѣдствіе чего колебанія силы тока при коммутированіи значительно уменьшаются *). Подобные якоря не трудно расчить и построить и для большаго числа полюсовъ. Напримѣръ: $s = 96$, $p = 5$, $c = 4$, $a = 1$, $t = 1$, $e = 1$, $\gamma = 2$. Получимъ:

$$y = \frac{1}{5} (1 \cdot 96 \pm 1 \cdot 4) = 20; y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = 5;$$

$$\begin{cases} y_1 = 5 \\ y_1 + y_2 = 10 \\ y_1 + y_2 + y_3 = 15 \end{cases}.$$

*) Дѣйствительно: при вращеніи якоря по часовой стрѣлѣ (фиг. 18), при 8 коллекторныхъ пластинкахъ, подъ щетку (—) должна была бы поступить пластинка h , и коммутація происходила бы въ замѣнѣ, въ лѣвой части якоря, секціи (1) — секцію (29). При (24) коллекторныхъ пластинкахъ подъ щетку (—) поступить пластинка a' , и мѣсто секціи (1) займетъ секція или группа (21). Но эта послѣдняя по своему положенію въ полѣ лежитъ ближе къ группѣ (1) нежели секція (29).

Д. Ф.

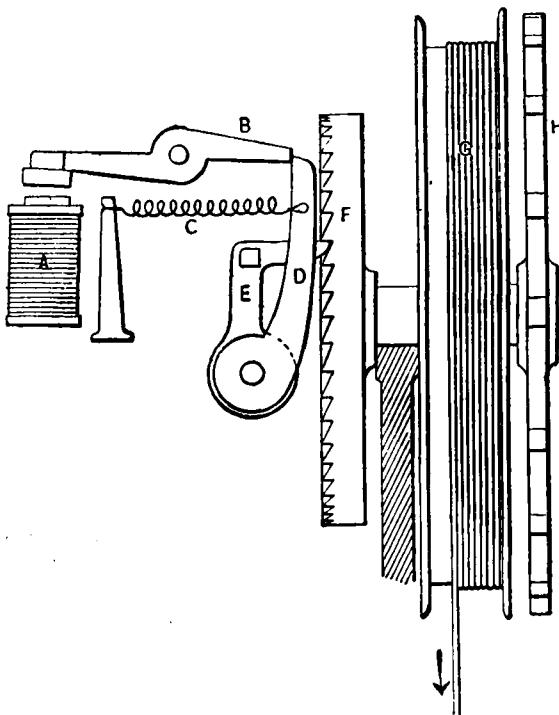
Продолжить дальше эту группу не представлять труда, стоять только прибавлять по 10 = $\frac{y}{2} = y$: $\frac{2}{c} = 2$ къ предъидущимъ числамъ каждаго вертикального столбца. Для трехкратной обмотки (фиг. 13) мы получимъ три таблицы:

$$y = 42 = y_1 + y_2 = 21 + 21$$

1	— 22	3	— 24	5	— 26	y
43	— 64	45	— 66	47	— 68	
...	
y	{ 49 — 70	
	1 —	3		5		

ОБЗОРЪ

Электрический тормазъ „Монархъ“. Называемый электрический тормазъ, приходитъ въ дѣйствіе, какъ только замыкаютъ токъ въ цѣнѣ электромагнита А (фиг. 19), который, притягивая якорь В, освобождаетъ ры-



Фиг. 19.

чагъ D. Послѣдній, подъ дѣйствіемъ спиральной пружины С, съ силой ударяетъ въ выступъ Е, чѣмъ выводитъ его изъ зубца колеса F. Благодаря этому обстоятельству барабанъ G и небольшая шестерня H получаютъ вращательное движение подъ вліяніемъ гири, прикрепленной къ намотанной на барабанъ нити, или же скрученной внутри его пружины (подобно пружинѣ въ часовомъ механизмѣ). Щѣль, соединяющая шестерню H съ клапаномъ въ паропроводной трубѣ, передаетъ движение послѣднему, и доступъ пара въ цилиндръ прекращается. Это закрываніе клапана, въ началѣ быстрое, заканчивается плавно и постепенно, при помощи особыго приспособленія, не указанного на фигурахъ.

Что касается способа замыкания цѣнѣи электромагнита А, то это можно производить или при помощи обыкновенного ручного замыкателя, или автоматически — соединяя ось двигателя при посредствѣ ременной передачи съ осью маленькаго регулятора (этотъ регуляторъ составляетъ часть прибора), который замыкаетъ токъ и останавливаетъ ходъ машины, какъ только скорость вращенія вала выходить изъ заранѣе установленныхъ предѣловъ.

(L'Éclairage électrique).

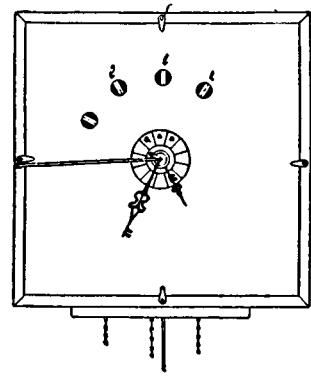
Электрические сигнальные часы. Щѣль описываемаго прибора — простота и дешевизна при большой точности функционирования. Существенная его часть (фиг. 21 и 22) состоитъ изъ толстой квадратной стеклянной пластинки, съ одной стороны зачерненой; ее вставляютъ въ деревянную рамку, прикрепленную

къ часамъ вмѣсто циферблата, какъ это видно на фиг. 20. Въ серединѣ пластинки сдѣлано круглое отверстіе около 5 см. діаметромъ; близко отъ краевъ этого отверстія наклеены на стеклянную пластинку 12 одинаковыхъ платиновыхъ листочковъ (а), имѣющихъ форму трапецій и раздѣленныхъ другъ отъ друга тоненькими полосками непроводника. Каждый контактный платиновый листочекъ имѣетъ небольшой приштокъ, къ которому припаиваются одна или нѣсколько проволочекъ, загибающихся подъ внутреннюю сторону стеклянной пластинки. На разстояніи около 10 см. отъ центра имѣется другой рядъ узкихъ платиновыхъ полосокъ (б), число и положеніе кончикъ зависятъ отъ потребностей сигнализации (продолжительности сигнала въ 10 секундъ соответствуетъ приблизительно ширина полоски въ $1\frac{3}{4}$ мм.). Снявъ часовую и минутную стрѣлки, наѣзываютъ на ихъ оси каучуковыя трубочки такъ, чтобы, между осами не было тренія. Наружная (надѣтая на часовую ось) трубочка окружена мѣдной оболочкой, къ внутреннему концу которой припаивается узенькая платиновая полоска, а къ на-

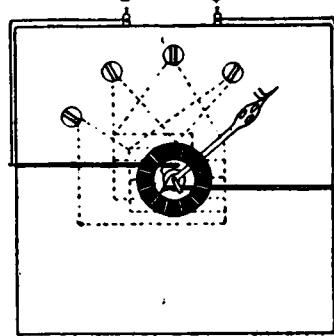
ружному — часовая стрѣлка, съ 2-мя контактными пружинами изъ весьма мягкой и упругой стали. Мѣсто контакта этихъ пружинъ накрыто платиновымъ листочкомъ. Въ внутреннюю каучуковую трубочку вставляется мѣдная ось около 3 см. длины, на которую наѣзжается минутная стрѣлка, снабженная также 2 пружинками. Выступающій конецъ этой оси снабжается плотно наѣзженной платиновой облицовкой.

Контактные пластинки а и б соединены между собою проводниками и каждому сигналу соответствуетъ своя пластинка б, если при сигналахъ существуетъ разница въ минутахъ. Но какъ обыкновенно случается на практикѣ, сигналы для нѣсколькихъ часовъ совпадаютъ между собой; въ такомъ случаѣ можно ограничиться гораздо меньшимъ числомъ контактныхъ пластинокъ б, способъ соединенія кончикъ съ пластинками а легко опредѣляется въ каждомъ частномъ случаѣ. Примѣромъ можетъ служить соединеніе, устроенное въ Шарлотенбургскомъ реальному училищѣ. Здѣсь пока ухитрились поставить, какъ показано на фиг. 21, только 4 пластинки б, хотя моменты сигналовъ были довольно разнообразны:

6,50	9,55	12,50	3,50
7,05	10,00	1,00	4,00
7,55	10,50	1,50	4,50
8,00	11,05	2,00	5,00
8,55	11,55	2,50	
9,05	12,05	3,00	



Фиг. 20.



Фиг. 21.

Для устраненія возможной неправильности хода часовъ, при проходѣ минутной стрѣлки черезъ контакты б, обыкновенно поступаютъ такъ: просверливаютъ дыры, заполняютъ ихъ каучукомъ, въ который вставлены пластиинки б и затѣмъ все это отшлифовывается вровень съ поверхностью стекла.

(Elektrotechn. Zeitschrift).

Статистика электрическихъ желѣзныхъ дорогъ и трамваевъ. Въ одномъ изъ послѣднихъ номеровъ „L'Industrie Electrique“ приводятся статистические данные касательно электрическихъ желѣзныхъ дорогъ и трамваевъ въ Европѣ, находящихся въ эксплуатации или строящихся по 1 января 1898 года. Прила-

гаемая таблица представляетъ краткое извлечениe. Цифры этой таблицы показываютъ, какъ сильно движется Германия въ этомъ направлении: длина эксплуатируемыхъ линій увеличилась почти вдвое и мощность генераторныхъ станцій увеличилась на 50%. Кроме того еще 31 линія, въ числѣ коихъ есть весьма значительная, находятся въ настоящее время въ постройкѣ.

Изъ 204 эксплуатируемыхъ линій 13—работаютъ на аккумуляторахъ (Германия—6; Франція—4; Англія—1; Бельгія 1); 3—смѣшанной системой на троллеяхъ и аккумуляторахъ (Франція—2; Германия—1); 8—на подземныхъ проводахъ (Германия—2; Австрия—2; Англія—1; Бельгія—1; Франція—1; Россія—1); 8—на среднемъ рельсѣ (Англія—6; Франція—1; Ирландія—1).

	Длина всѣхъ линій въ килом.		Общая мощность въ киловаттахъ.		Общее число вагоновъ двигателей.		Число линій.	
	1897	1898	1897	1895	1897	1895	1897	1898
Австро-Венгрия	83,89	106,5	2.389	3.404	194	243	10	13
Англія	109,42	134,4	4.670	6.197	168	220	18	22
Бельгія	34,90	69	1.220	2.415	73	107	5	8
Боснія	5,60	5,60	75	75	6	6	1	1
Голландія	3,20	3,20	320	324	14	14	1	1
Германия	642,69	1.138,2	18.963	25.868	1.631	2.493	51	65
Ирландія	18	22,8	486	646	32	32	2	2
Іспанія	47	61	600	930	40	50	3	4
Італія	115,67	132,7	5.970	6.570	289	311	9	11
Португалія	2,80	2,80	110	110	3	3	1	1
Россія	14,75	30,7	870	1.270	48	65	3	4
Румынія	5,50	5,40	140	140	15	15	1	1
Сербія	10	10	200	200	11	11	1	1
Франція	279,36	396,8	8.736	15.158	432	664	26	44
Швеція и Норвегія . . .	7,50	24	225	875	15	43	1	3
Швейцарія	78,75	146,2	2.622	3.828	129	237	17	23
Итого	1.459,03	2.289,3	47.596	68.006	3.100	4.514	150	204

Однорельсовая электрическая ж. д. въ Тервюренѣ. — 30 октября прошлаго года Бельгійское электротехническое общество пригласило своихъ членовъ и представителей прессы на осмотръ электрической однорельсовой дороги системы Бера (F. B. Behr), построенной въ Тервюренѣ.

Эта дорога отличается тѣмъ, что поѣздъ, состоящій только изъ одного вагона, снабженного электродвигателями, катится не по двумъ, а по одному рельсу, поддерживаемому на вѣкоторой высотѣ надъ землею козлами. Вагонъ находится въ положеніи устойчиваго равновѣсія, но для большей безопасности снабженъ еще системой горизонтальныхъ колесъ, упирающихся на особые вспомогательные рельсы; это приспособленіе является особенно важнымъ на закругленіяхъ.

Было совершено нѣсколько пробныхъ поѣздокъ и,

несмотря на неблагопріятныя условія въ видѣ незначительной длины всей линіи (5 килом.) и сильныхъ закругленій и подъемовъ, достигнутыя скорости равнялись 130—150 килом. въ часъ; это позволяетъ думать, что при лучшихъ условіяхъ можетъ быть достигнута скорость и 200 килом.

Потребный при этихъ опытахъ токъ достигалъ 150 ампер при 750 вольтахъ. Вагонъ вѣсилъ 60.000 килогр. и былъ разсчитанъ на 100 пассажировъ. Въ электротехническомъ отношеніи дорога эта не представляетъ ничего особенно нового; стоимость ея постройки обходится въ 125.000 фр. за килом.

Подобную однорельсовую дорогу предполагаютъ устроить также между Автврпеномъ и Брюсселемъ.

(L'Industrie electr.).

РАЗНЫЯ ИЗВЕСТИЯ.

Влияние звука на когереры.— Недавно проф. Ауэрбахъ нашелъ, что звуковые колебания действуютъ на разные виды когерера совершенно такъ же, какъ и электрическія; помѣщая включенный въ цѣль гальванометра когереръ на столѣ, касаясь его стола ножкой звучащаго камертона, онъ нашелъ, что сопротивление когерера уменьшалось при этихъ условіяхъ въ такій же степени, какъ отъ дѣйствія разрядника Риги, находящагося въ 20 сантиметрахъ отъ прибора, при длине искры въ 15 сантиметровъ. Легкій толчокъ возвращалъ когереръ въ прежнее состояніе. Подобное же влияніе оказывала звучащая органная труба, передававшая колебанія прибору только черезъ воздухъ, и даже такія медленныя, какъ ритмическое постукиваніе рукой по столу. Такъ какъ въ этихъ случаяхъ влияніе на когереръ несомнѣнно чисто механическое, то фактъ этотъ подкрѣпляетъ мнѣніе, стремящееся дать механическое объясненіе дѣйствію на когереръ электрическихъ колебаній.

Принимая во вниманіе упомянутое влияніе звуковыхъ колебаній, придется защищать чувствительные когереры отъ постороннихъ звуковъ.

Электрическое освещеніе Парижа и Берлина.— Bulletin des Usines Electriques приводить интересный свѣдѣнія объ электрическомъ освещеніи городовъ Парижа и Берлина. Въ Берлинѣ имѣется въ настоящее время 300.000 лампъ накаливания по 16 свѣчей и въ сколько тысячи дуговыхъ лампъ; длина освѣтительной линіи равняется 280 километровъ, расходъ силы на освѣщеніе 28.000 лошадиныхъ силъ. Тѣ же электрическія станціи питаютъ также 1.600 электродвигателей, потребляющихъ 6.450 силъ. Цѣна электрической энергіи для освѣщенія около 30 к. за киловатъ-часъ, для двигателей около 8 к. за киловатъ-часъ. Въ Парижѣ мощность освѣтительныхъ станцій 25.000 лошадиныхъ силъ; питаютъ онѣ 418.000 10-свѣчныхъ лампъ накаливания и 7.448 дуговыхъ лампъ; кроме того, онѣ доставляютъ 1.940 силъ 513 электродвигателямъ. Цѣна электрической энергіи около 46 к. за киловатъ-часъ.

Динамо постоянного тока въ 3.000 киловаттъ.— Въ нашемъ журнальѣ уже упоминалось о двухъ-фазныхъ альтернаторахъ Ниагарской установки, дающихъ до 3.600 киловаттъ и о динамо постоянного тока въ 1.500 киловаттъ, которая очень употребительна на трамвайныхъ установкахъ въ большихъ городахъ Соединенныхъ штатовъ. Въ настоящее время компания Валькера, въ Клевеландѣ, сооружаетъ динамо постоянного тока, которая своею мощностью затмить все предыдущія динамо. Машинна эта, имѣющая вѣнчій діаметръ короны индукторовъ равнымъ 7,3 метра, будетъ давать 3.000 киловаттъ и до 3.600 — въ случаѣ исключительно большой нагрузки. Она будетъ вѣсить 135 тоннъ, изъ которыхъ 45 приходятся на якорь. Размеры этого якоря таковы, что его обмотка будетъ сдѣлана на мѣстѣ установки. Динамо будетъ приводиться въ дѣйствіе непосредственно паровою машиною, мощностью въ 3.600 конселе *).

Атмосферное электричество и растенія.— Профес. Лемстремъ, въ Гельсингфорсѣ, высказываетъ мысль, что быстрый ростъ, свойственный растеніямъ сѣверныхъ странъ (такъ, напр., въ сѣв.-вост. Сибири хлѣба поспѣваютъ менѣе, чѣмъ въ центрѣ мѣсяца), можетъ быть, найдеть себѣ объясненіе въ帮忙ствѣ таинственной атмосферы электричествомъ, т. е. въ той же причинѣ, которая объясняетъ частныя сѣверныя сіянія.

Проф. Бэйлей предпринялъ опыты изслѣдованія этого вопроса, воспользовавшись необрабатываемъ полемъ около Бристоля. Предполагается сбирать атмосферное электричество съ помощью группы острій, помѣщенныхъ на имѣющейся вблизи башнѣ, и проводить его въ землю. Опыты покажутъ, какое влияніе произведетъ это электричество на возрастаніе растеній.

Телеграфія безъ проводовъ, какъ средство предупрежденія столкновенія судовъ.— Недавнія крушія французскихъ пароходовъ побудили Эд. Бранли предложить на одномъ изъ послѣдніхъ засѣданій французской академіи проектъ снабдить всѣ мореходныя суда приборами для телеграфирования по способу Маркони, а чтобы возбудитель не оказывалъ влиянія на приемникъ, находящійся на томъ же кораблѣ, Бранли рекомендуетъ не поддерживать возбудителя въ непрерывномъ дѣйствіи, а возбуждать электрическія волны периодически и въ такие моменты предохранять приемникъ отъ дѣйствія возбудителя хорошимъ металлическимъ экраномъ. Насколько все это осуществимо и цѣлесообразно, покажетъ, конечно, лишь будущее.

Электрическая сигнализациѣ системы Крандалля.— Въ теченіе закончившейся нынѣ войны С.-А. Соед. Штатовъ съ Испаніей, во многихъ городахъ Америки была примѣнена электрическая сигнализациѣ, по способу Крандалля, для сообщенія публикѣ послѣдніхъ извѣстій съ театра военныхъ дѣйствій. Между прочимъ, на крышѣ одного изъ зданій, окружающихъ Мадисон-сквер (въ Нью-Йоркѣ) были установлены 38 гигантскихъ рамы (0,9 м. въ ширину и 1,5 м. въ высоту) со множествомъ калинъныхъ замочекъ; послѣднія соединялись проводами съ 38 же клавишными манипуляторами, по виду очень сходными съ клавіатурой пишущей машины Ремингтона. Въ каждомъ манипуляторѣ имѣлось 26 клавишъ, по числу буквъ алфавита. Лицо, завѣдавшее сигнализациѣ, простымъ нажимомъ на ту или другую клавишу какого-либо изъ 38 манипуляторовъ, тѣмъ самымъ вызывалъ въ соответственной рамѣ появление той или другой свѣтищейся буквы. Такимъ образомъ составлялись слова и фразы (до 38 буквъ сразу) и всѣ жители какъ Нью-Йорка, такъ и окрестныхъ фермъ (на разстояніи свыше мили) могли легко читать всѣ военные новости.

Длиннѣйшая телефонная линія.— Въ настоящее время проводится въ Америкѣ самая длинная на земномъ шарѣ телефонная линія, въ 4.000 километровъ, между городами Санть Діаго и Нельсонъ. Линія эта вдвое длинѣе самой длинной изъ существующихъ въ настоящее время телефонныхъ линій — изъ Бостона въ Чикаго. Теперь же готовится устройство грандиозной телеграфной линіи въ Канадѣ между Монреалемъ и Ванкуверомъ; на эту линію пойдетъ 450 тоннъ мѣдной проволоки, по 300 фунтовъ на милю, и обойдется она Канадской Тихоокеанской желѣзной дорогѣ въ 500 тысячъ рублей.

Симплонскій туннель.— Проектирующійся уже нѣсколько лѣтъ Симплонскій туннель будетъ пробить исключительно помощью электрической силы. Длина туннеля будетъ 20 километровъ и, тѣмъ не менѣе, швейцарская фирма Брандта, которой сдана постройка, при неустойкѣ въ 2.000 руб. за каждый просченный день, взялась окончить его въ четыре раза скорѣе, чѣмъ былъ построенъ Монъ-Сеніскій туннель и за половину той цѣны, что стоилъ послѣдній. Благодаря электрическому освѣщенію, будетъ избѣгнуто чрезмѣрное повышеніе температуры, которая и такъ достигаетъ 40° С. въ серединѣ туннеля. Электрическіе вентилаторы будутъ вводить въ туннель 1.770 куб. футъ воздуха въ секунду при скорости въ 22 километра въ часъ. Тяга въ туннельѣ предполагается тоже электрическая.

*) Конселе = 100 килограммометровъ въ секунду.