

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

О расчетѣ соединеній въ замкнутыхъ обмоткахъ якорей динамомашинь.

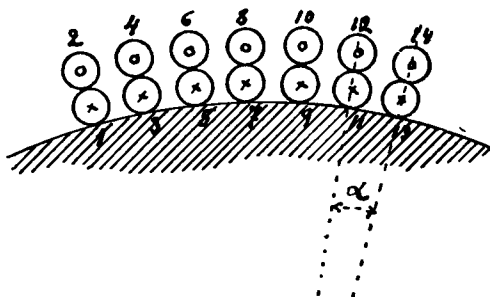
Статья Д. Филиппова.

Когда расчетъ динамомашины постоянного тока уже далъ намъ число проволокъ на окружности якоря, ихъ сѣченіе, а также діаметръ якоря, то надлежитъ подумать о наиболѣе цѣлесообразномъ способѣ соединенія отдѣльных 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 Флемминга, о наилучшемъ и наиболѣе цѣлесообразномъ соединеніи проволокъ между собой и съ коллекторомъ трудны и запутанны, а главное требуютъ много времени на отдѣльныя попытки. Съ другой стороны, извѣстные типы обмотокъ столь разнообразны и многочисленны, что является потребность ихъ не только научно классифицировать, но и выяснитъ то, что въ нихъ есть общаго и чѣмъ обуславливается такое разнообразіе. Вотъ причина, вызвавшая появленіе трудовъ, посвященныхъ разработкѣ теоріи соединеній въ обмоткахъ якорей или просто теоріи обмотокъ (Фритче, Арнольдъ). Сочиненіе Арнольда «Ankerwicklungen und Ankerconstructionen» пользуется широкой популярностью среди электротехниковъ, но оно нѣсколько трудно для изученія. Последнее 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. Н. 2, 98), причѣмъ имъ удалось нѣсколько обобщить формулы, данныя 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.

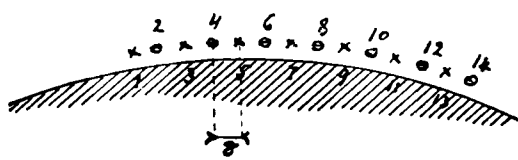
Разсматривая обмотку барабанной арматуры и не обращая вниманія пока на отношеніе ея къ индуктирующему магнитному полю, мы можемъ различить во-первыхъ рядъ проволокъ на внѣшней поверхности якоря, во-вторыхъ—рядъ проводниковъ, служащихъ для соединеній проволокъ якоря между собой (про коллекторъ мы пока 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.

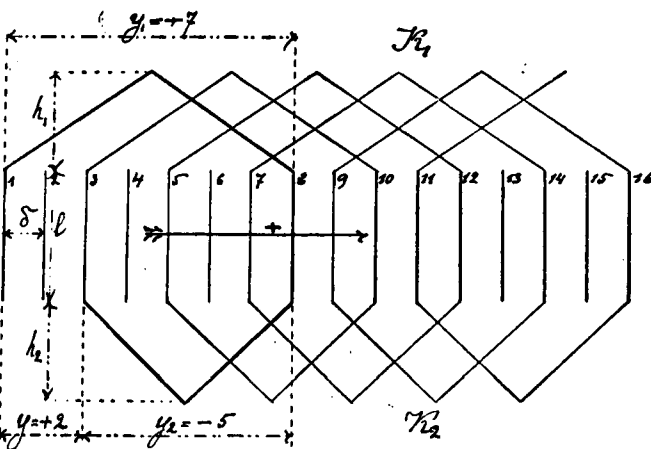
образимъ ихъ оси расположенными на окружности якоря въ одинъ слой, въ порядкѣ ихъ нумераціи и притомъ на одинаковыхъ разстояніяхъ (фиг. 2). Обозначимъ разстояніе двухъ сосѣднихъ осей проволокъ якоря (на фиг. 2) черезъ δ . Если разрѣзать поверхность якоря плоскостью, проходящею черезъ ось послѣдняго и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

то оси проволокъ якоря (мы теперь будемъ говорить для краткости просто—проводаки якоря) представляются рядомъ параллельныхъ прямыхъ



Фиг. 2.

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



Фиг. 3.

По способу соединения отдѣльныхъ проволокъ всѣ обмотки можно разбить на два класса. Въ обмоткахъ перваго класса соединенія проволокъ якоря идутъ въ попеременно-обратныхъ направленихъ (фиг. 3). Отъ 1-й проволоки соединеніе идетъ къ 8-й, отъ 8-й, въ обратномъ направленіи, къ 3-й, отъ 3-й, опять въ прежнемъ направленіи, къ 10-й и т. д. Такія обмотки называются *петельными*. Въ обмоткахъ втораго класса всѣ соединенія идутъ постоянно въ одномъ направленіи, чередуясь только то на одной, то на другой сторонѣ якоря (фиг. 4). Обмотки втораго класса называются *волнообразными*. Очевидно, чтобы «задать» обмотку, достаточно назначить, такъ сказать, «размахъ» соединеній на обѣихъ сторонахъ якоря, оговоривъ только какаго рода обмотка подразумѣвается: петельная или волнообразная. Такъ на-примѣръ: 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 направленіи размаховъ, то можно не оговаривать, съ какаго рода обмоткой мы имѣемъ дѣло. Петельную обмотку (фиг. 3) можно задать тогда условіями:

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

или вообще

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

Волнообразную обмотку зададимъ тогда условіями:

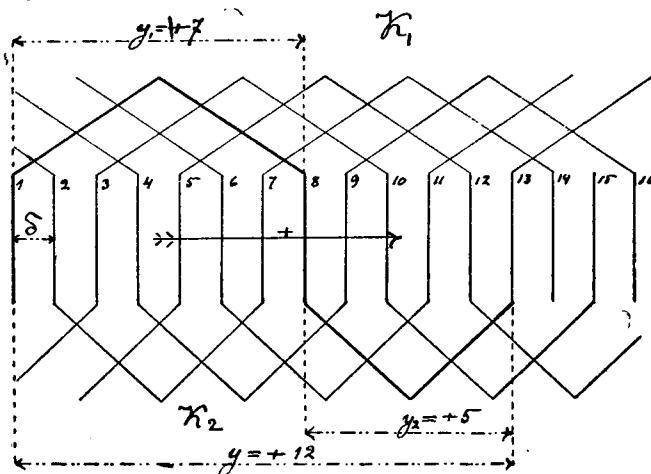
$$y_1 = +7 \quad y_2 = +5$$

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 динамомашинокъ съ только что указанныхъ точекъ зрѣнія, мы замѣтили бы, что послѣ завершения нѣкотораго четнаго числа размаховъ, придемъ къ такой проволоцѣ 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 дальѣ 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 проволоцѣ слѣдующей группы. Итакъ задание обмотки упрощается еще, ибо достаточно задать размахи для какой либо одной группы и затѣмъ повторять группы размаховъ требуемое число разъ. Разстояніе 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 разстояніе, которое мы будемъ называть *заключительнымъ размахомъ* въ отличіе 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 значить, что длина заключительнаго размаха

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

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

Съ другой стороны, каждый заключительный размахъ передвигаетъ исходный элементъ слѣдующей группы размаховъ на длину $= y$; m 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 $= \delta$:

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

или $\frac{m}{n} y = s = mc$, откуда

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

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 разсматривать.

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

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

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

Уравненіе (2') говоритъ 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 совпадетъ съ 1-мъ элементомъ 1-й группы; такимъ образомъ получится опять замкнутая обмотка. Но отличіе отъ перваго 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 цѣ-

лое число, равное $m'c$. Изъ каждой совокупности $(\frac{s}{t} = m'c)$ проволокъ составитъ замкнутая обмотка. Число такихъ обмотокъ будетъ t ; въ такомъ случаѣ говорятъ, что обмотка якоря t -кратная.

Въ предыдущемъ мы предполагали, что каждый элементъ былъ захваченъ однимъ только размахомъ. Вообще этого можетъ и не быть, а потому необходимо найти условія, при которыхъ каждый элементъ былъ бы захваченъ однимъ разв. Но прежде необходимо замѣтить, во избѣжаніе недоразумѣній, что данная проволока считается захваченной нѣкоторымъ размахомъ, если на этой проволоцѣ 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, на примѣръ въ положительномъ направленіи, a заключительныхъ размаховъ; тогда послѣдній изъ нихъ захватитъ 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 произвольными цѣлыя числа, то количества $(k + ay) = n_0$ и $(k + ay + y_1) = n_1$ будутъ вообще больше числа s означающаго число проволокъ на окружности якоря. Поэтому, чтобы получить дѣйствительные номера элементовъ, соответствующихъ числамъ n_0 и n_1 , необходимо изъ нихъ вычесть столько разв s , чтобы получить разность меньше s . Элементы, захваченные послѣдними размахами въ обоихъ случаяхъ, не измѣняются; только вмѣсто порядковыхъ номеровъ ихъ, соответствующихъ 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:

$$\left. \begin{aligned} u_0 - \eta s &= v_0 \\ u_1 - \eta_1 s &= v_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4),$$

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

$$v_0 \geq v_1 \dots \dots \dots (5),$$

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

$$k + ay - \eta s \geq k + a_1 y + y_1 - \eta_1 s \dots (5').$$

Но это неравенство приводится къ слѣдующему:

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

Здѣсь коэффициенты $(a - a_1)$ и $(\eta - \eta_1)$ совершенно произвольныя цѣлыя 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:

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

Такъ какъ $\frac{y_1}{d}$, по условію, число дробное, а остальные члены неравенства числа цѣлыя, то неравенство $(5''')$ будетъ справедливо при всѣхъ цѣлыхъ значеніяхъ произвольныхъ коэффициентовъ $(a - a_1)$ 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:

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

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 содержится 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 вышеприведенныя $(c-1)$ условія. Подобныя же условія и въ такомъ же числѣ получили бы для второго, третьяго 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:
$$\begin{cases} y_1 \\ y_1 + y_2 \\ \dots \\ y_1 + y_2 + \dots + y_{c-1} \end{cases}$$

Для 2-го элемента 1-й группы:
$$\begin{cases} y_2 \\ y_2 + y_3 \\ \dots \\ y_2 + y_3 + \dots + y_{c-1} + y_c \end{cases}$$

Для $(c-1)$ -го:
$$\begin{cases} y_{c-1} \\ y_{c-1} + y_c \\ \dots \\ y_{c-1} + y_c + y_1 + y_2 + \dots + y_{c-3} \end{cases}$$

Для c -го:
$$\begin{cases} y_c \\ y_c + y_1 \\ y_c + y_1 + y_2 \\ y_c + y_1 + \dots + y_{c-2} \end{cases}$$

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 непременно, такъ какъ $y = y_1 + y_2 + \dots + y_c$ и, слѣдовательно неравенство:

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

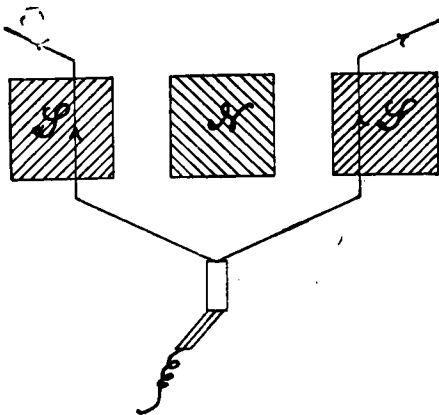
не исключаетъ и равенства.

Послѣднее условіе можетъ быть выражено и такъ: исходный элементъ одной какой либо группы долженъ непременно совпасть съ исходнымъ элементомъ нѣкоторой другой группы, что совершенно необходимо для образования замкнутой обмотки. Это послѣднее условіе уже было выведено раньше и сформулировано въ уравненіяхъ (2) и (2'). (Обыкновенно $c = 2$, т. е. заключительный размахъ состоитъ ихъ 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 общій множитель s и y , равный $= 6$, не содержится 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 симметричная по отношенію къ магнитному полю (случай несимметрии, т. е. неодинаковаго числа проволокъ, приходящихся на одинъ полюсъ, будутъ выяснены на примѣрахъ). Въ такомъ случаѣ, предположивъ, что обмотка движется въ магнитномъ полѣ, мы легко уяснимъ себѣ, что расположеніе проволокъ якоря и ихъ соединеній по отношенію къ магнитному полю можно считать неизмѣннымъ съ тѣмъ меньшей погрѣшностью, чѣмъ меньше разстояніе между двумя сосѣдними проволоками якоря по отношенію къ длинѣ окружности послѣдняго. Можно себѣ представить, что мы смотримъ на обмотку сквозь прорѣзы въ кружкѣ, причѣмъ скорость движенія прорѣзовъ равна скорости движенія обмотки: обмотка намъ покажется неподвижною. Увеличивая или уменьшая незначительно скорость вращенія кружка, мы будемъ

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

Съ практической точки зрѣнія этой погрѣшностью можно пренебречь; въ противномъ случаѣ мы можемъ рассмотреть нѣсколько моментальныхъ положеній обмотки въ предѣлахъ центрального угла, образуемаго двумя радіусами, проведенными къ осямъ двухъ сосѣднихъ проволокъ (фиг. 1, уголъ α). И такъ мы рассматриваемъ моментальное положеніе движущейся обмотки по отношенію къ магнитному полю, причемъ *можемъ считать обмотку неподвижною*. Въ проволокахъ якоря будутъ индуцироваться электродвижущія силы, которыя въ двухъ проволокахъ, соединенныхъ между собой послѣдовательнымъ размахомъ могутъ или складываться, или вычитаться. Въ первомъ случаѣ электродвижущія силы въ обѣихъ проволокахъ должны быть противоположнаго направленія, во второмъ — одинаковаго. Въ послѣднемъ случаѣ достаточно будетъ проводникъ, соединяющій обѣ проволоки сообщить съ коллекторной пластинкой, къ которой прижать щетку, чтобы можно было утилизировать обѣ электродвижущія силы во внѣшней цѣпи (фиг. 5). Въ первомъ случаѣ можно



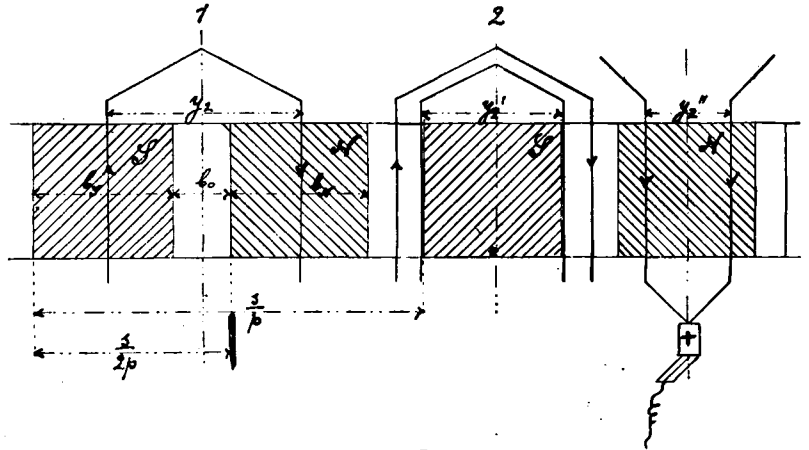
Фиг. 5.

сообщить съ коллекторными пластинками проводники, соединяющіе обѣ проволоки съ сосѣдними 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 электродвижущими 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 размахъ на задней сторонѣ якоря долженъ удовлетворять слѣдующему условию:

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

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



Фиг. 6.

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

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

причемъ здѣсь предполагается, что y_{2k} заключается въ предѣлахъ:

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

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 предѣловъ:

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

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

Разсмотримъ какую либо группу. Размахи нечетнаго порядка ведутъ къ проволокамъ, электродвижушія силы въ которыхъ направлены противоположно электродвижущей силѣ первой проволоки или элемента нашей группы; размахи четнаго порядка ведутъ къ проволокамъ, въ которыхъ электродвижушія силы направлены въ одну сторону съ э. д. с. перваго 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 непременно 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 электродвижушія силы группъ *A* и *B*, соединяемыхъ послѣдовательно послѣднимъ размахомъ № *c* первой группы, будутъ складываться только при условіи, что *первыя проволоки обихъ 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. Расстояніе 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—

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

μ шаговъ должны быть равны $\frac{1}{2}$ 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 заключительнаго размаха, второе—число послѣднихъ между двумя послѣдовательными и *разноименными* щетками. Расстояніе 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 сосѣдними коллекторными пластинками, будетъ:

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

гдѣ m есть остатокъ отъ дѣленія μy на s .

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

A. Барабанныя 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

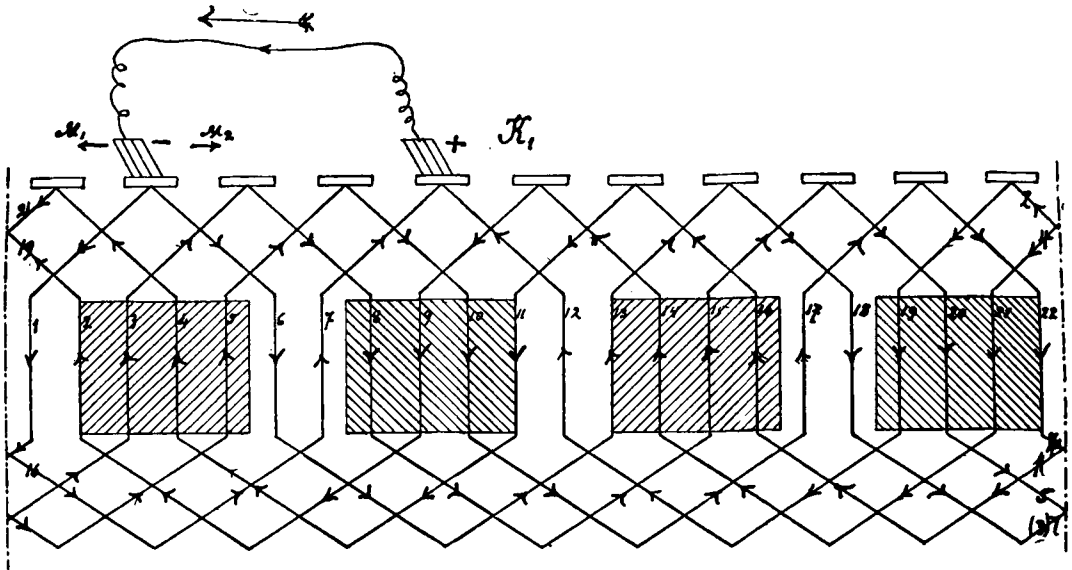
$$y = y_1 + y_2 = 12$$

Приэтомъ y и s должны содержать общій множитель, который не долженъ заключаться въ y_1 и y_2 ,—условіе непрерывности и замкнутости обмотки. Такъ какъ s и y имѣютъ только одного 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 результат показывает, что обмотка не симметричная, т. е. в одной половинѣ якоря, между щетками, будетъ 5 заключительныхъ размаховъ, в другой 6:

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



Фиг. 7.

метрии обѣихъ половинъ обмотки черезъ нее будетъ пробѣгать переменный токъ. Этотъ токъ будетъ расходовать на себя долю работы двигателя и нагревать бесполезно обмотку. Расстояние щетокъ, измеренное по якорю, найдемъ изъ (12):

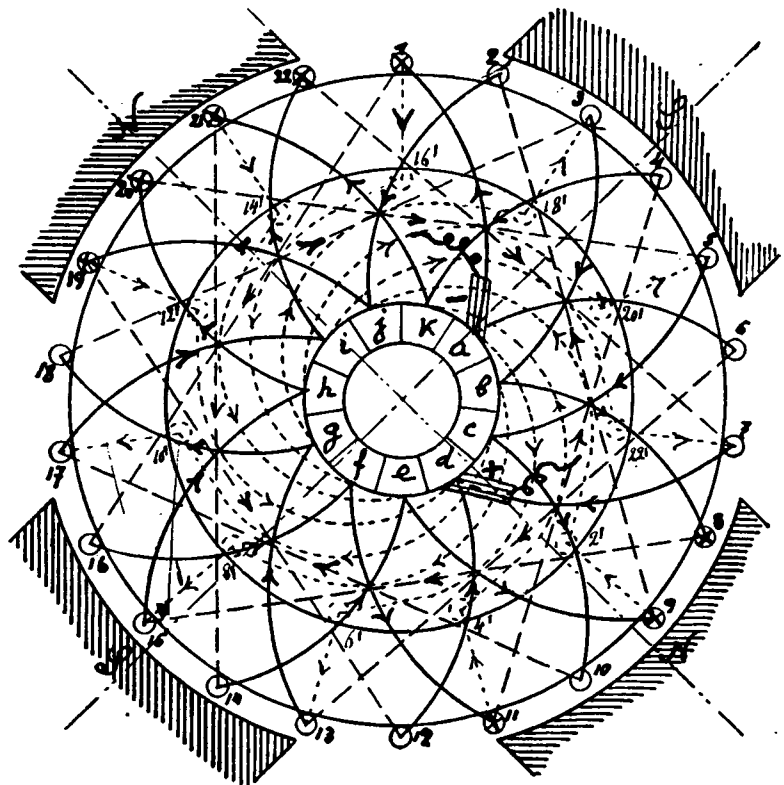
$$m_1 = 5 \cdot 12 - \gamma_1 \cdot 22 = 60 - \gamma_1 \cdot 22.$$

Очевидно: $\gamma_1 = 2$, и поэтому $m_1 = +16$.

Замѣтимъ, что направление, в которомъ мы получаемъ это расстояние (будемъ его считать отъ щетки +, фиг. 7) обусловлено предположеніемъ, что в 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 расстояние изъ двухъ; меньшее будетъ:

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

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



Фиг. 8.

что вполне соответствует чертежам 7 и 8. Значение $m_1' = 6$ мы получим, если будем измерять расстояние между щетками в направлении, в котором $\mu = \mu_2 = 6$:

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

Полагая здесь $\gamma_2 = 3$, получимъ

$$m_2 = 6.$$

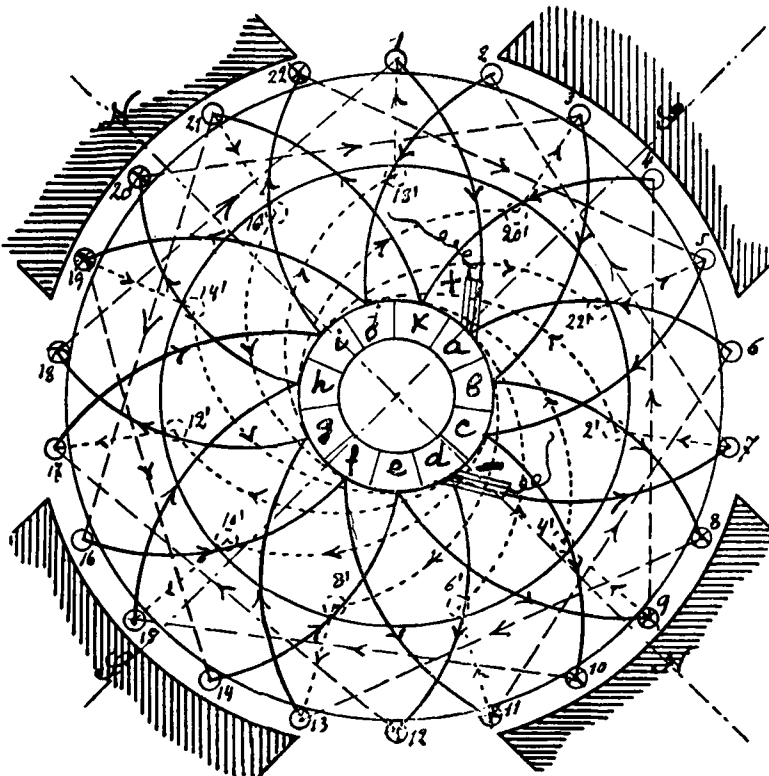
Только что рассмотрѣнная обмотка была неравносторонняя, такъ какъ послѣдовательные размахи со стороны якоря и съ противоположной стороны не были равны. Теперь мы рассмотримъ равностороннюю обмотку.

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

$$y = 10$$

Для послѣдовательныхъ размаховъ мы получимъ:

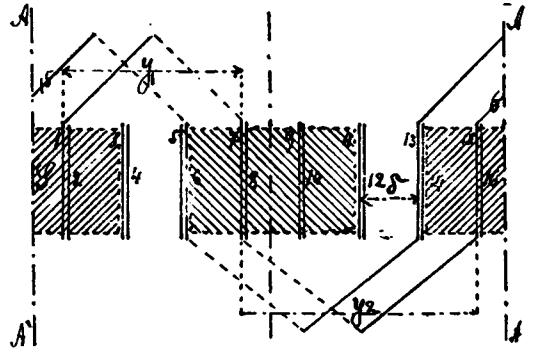
$$y_1 = y_2 = 5.$$



Фиг. 9.

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

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



Фиг. 10.

Если мы желаемъ получить простую (не многократную) обмотку, то $t=1$. Въ такомъ случаѣ, такъ какъ m' и n' предполагаются взаимно-простыми, c долженъ быть общимъ наибольшимъ дѣлителемъ чиселъ $s=22$ и $y=10$, что дѣйствительно и имѣетъ мѣсто; (по (1) $c=2$). Далѣе находимъ:

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

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

при $\gamma = 2$; причемъ

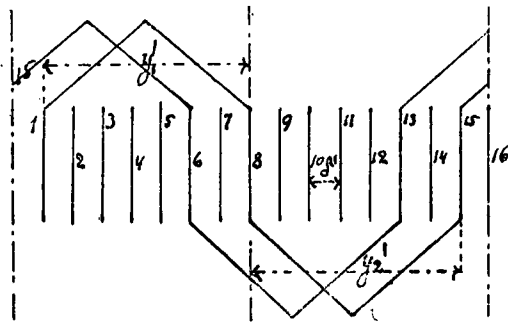
$$m_1 + m_2 = 22 = s.$$

Обмотка, соответствующая только что разобранному случаю представлена на фиг. 9.

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

$y = 14$, можемъ принять: $y_1 = y_2 = 7$. Эта обмотка въ дѣйствительномъ видѣ изображена на фиг. 10; на фиг. 11 показанъ способъ нумерации проводниковъ: всѣ нечетные — въ нижнемъ слое. На фиг. 11 изображена та же обмотка, но четные проводники выдвинуты и помѣщены

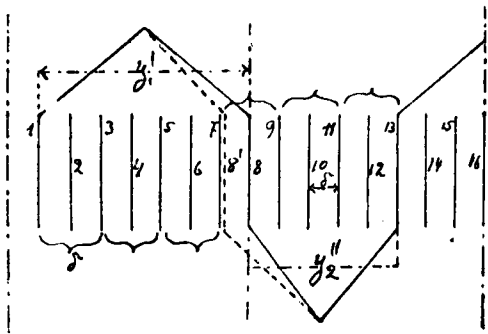
посреди нечетныхъ. Мы видимъ, что хотя на фиг. 11 согласно расчету получается равносторонняя обмотка, въ дѣйствительности получится



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 получения равносторонней обмотки въ дѣйствительной схемѣ будетъ:

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

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 дѣйствительнаго 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 состоитъ изъ трехъ отдѣльных замкнутыхъ частей. Токъ, который будетъ циркулировать въ каждой части, равенъ $\frac{1}{3} \left(\frac{i}{2} \right)$, если i есть полный токъ якоря. Заключительный размахъ:

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

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

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

должны быть взаимно-простыми, что въ данномъ случаѣ имѣетъ 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:

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

$$m_1 = 7 \cdot 42 - \gamma_{190} = 294 - \gamma_{190}$$

$$m_2 = 8 \cdot 42 - \gamma_{290} = 336 - \gamma_{290}.$$

Полагая:

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

найдемъ:

$$m_1 = 24, \quad m_2 = 66,$$

причемъ:

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

Угловое разстояніе между щетками a равно:

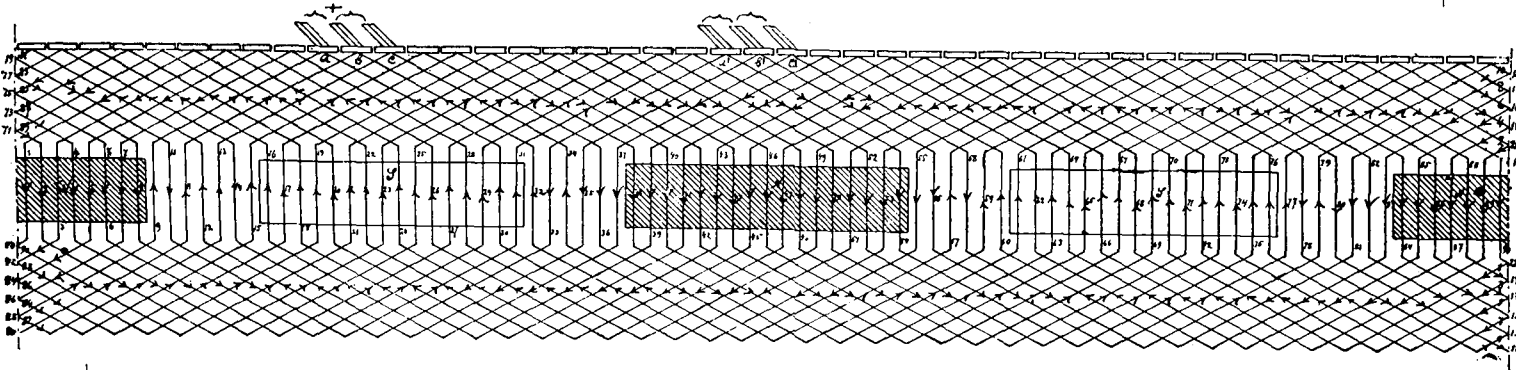
$$a = 360 \cdot \frac{24}{90} = 96^\circ.$$

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 одноименныя щетки можно замѣнить одной, которая бы перекрывала не менѣе трехъ пластинокъ на коллекторѣ. Послѣднее замѣчаніе объясняется—какое практическое значеніе имѣетъ вычисленное $a = 3$. Полученная расчетомъ обмотка представлена на фиг. 13, въ развернутомъ видѣ.

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



Фиг. 13.

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

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

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

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

Чертежъ (фиг. 15) вполне поясняетъ и подтверждаетъ полученные расчетомъ данныя.

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

$$y=4 = \frac{1}{1} (\epsilon \cdot 18 \pm a \cdot 2) \epsilon=0;$$

$$y_1 = -5; y_2 = +9$$

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

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

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

$$\frac{\epsilon \mu}{4} = \frac{9}{4} = 2\frac{1}{4} = \mu,$$

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

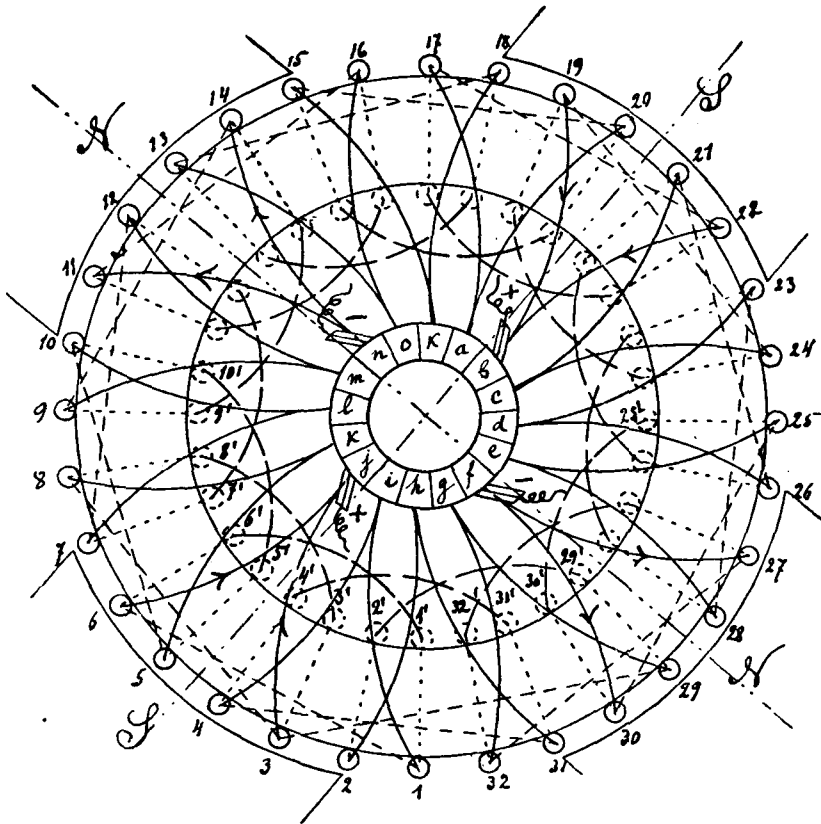
$$\frac{s}{c} = \frac{18}{2} = 9.$$

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

$$\mu = \frac{32}{2 \cdot 2 \cdot 2} = 4; m = 4_1(-2) + \gamma_1 32.$$

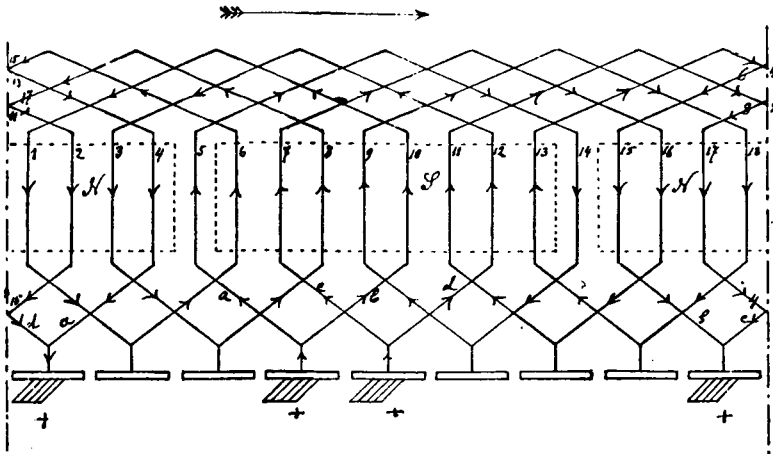
Расстоянія щетокъ по коллектору получатся слѣдующія, полагая $\gamma=0$:

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



Фиг. 14.

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



Фиг. 15.

вѣтви *a*). Наименьшее разстояніе между щетками, соответствующее вѣтви (*a*), къ которымъ послѣдняя примыкаетъ, будетъ: $s - M'_k = 9 - 6 = 3$. Точно также получимъ:

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

Схема, представленная на фиг. 16, вполне соответствуетъ нашему расчету.

Б. Кольцевые якоря. Для расчета соединеній въ кольцевыхъ якоряхъ достаточно вышевыведенныхъ формулъ. Въ самомъ дѣлѣ: рассмотрим (схема фиг. 9) заключительный размахъ, исходящій отъ элемента № 1 и состоящій изъ соединеній: (1—*a*), (*a*—6) и (6—11). Перемѣстимъ проволоку № 6, соответствующую 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 измѣнятся, 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*; на примѣръ, проволока № 21 соединяется съ проволокой № 4', а, слѣдовательно, и съ проволокой № 9, причѣмъ проволоки № 21 и № 9 лежатъ 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; на примѣръ подъ проволокой № 1, проволоку № 1'. Затѣмъ соединимъ на задней поверхности якоря эти двѣ проволоки проводникомъ (11') и перенесемъ соединеніе (1—6), соответствующее четному размаху $y_2=5$, на переднюю 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 проволокамъ, лежащей въ полѣ противоположной полярности. На примѣръ размахи 31—2 и 2'—29'. Въ противномъ случаѣ соответствующіе проводники сообщаются со щеткой; на примѣръ проволоки № 30 и № 27. Такія кольцевыя обмотки называются *антиполярными*. 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 меньше.

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 меньше числа послѣдовательныхъ размаховъ въ соответствующихъ (вспомогательныхъ) барабанныхъ. Поэтому мы должны принять:

$$c' = 2c = 2. \text{ Слѣдовательно:}$$

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

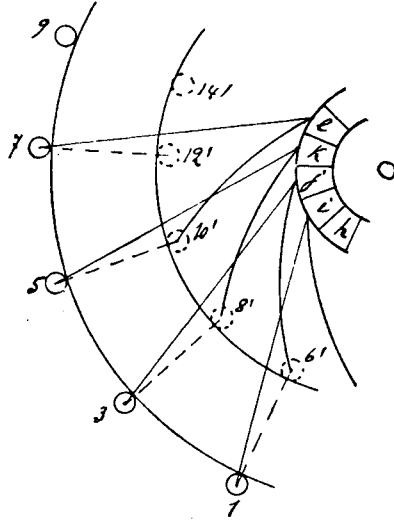
или, при $\epsilon = 0, y = 2 = y_1 + y_2$

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

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

— 5, $y_2 = + 7$. Размахъ кольцевой обмотки будетъ: $y_k' = 5, y_k'' = 0$.

Изъ петельныхъ параллельныхъ обмотокъ для барабанныхъ якорей получаютъ по первому способу (эквиполярному) обыкновенныя кольцевыя обмотки, представляющія изъ себя непрерывную винтовую линію около сердечника (фиг. 16).



Фиг. 16.

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

1) Дано:

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

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

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

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 $b = 2,5$:

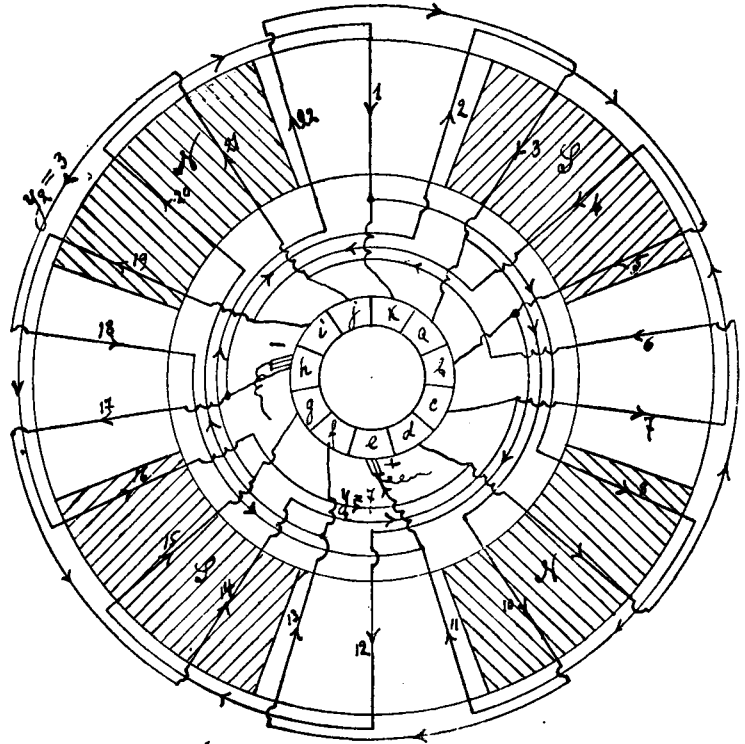
$$\mu = \frac{22}{2 \cdot 1 \cdot 2} = 5\frac{1}{2}; \mu_1 = 5; \mu_2 = 6.$$

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

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

днѣ брать четные размахи (на внѣшней 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, расположенныя по концамъ одного діаметра. Дерозье сверхъ всего вышесказаннаго дѣлитъ еще

каждую коллекторную пластинку на три взаимно-изолированные части. С одной соединяет онъ первый элементъ группы, соотвѣтствующей данной пластинкѣ, съ двумя остальными первыми элементами группъ, лежащими 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:

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

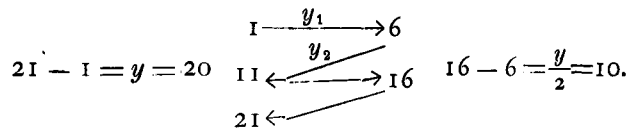
$$m_k = \frac{12 \cdot 20 - 1 \cdot 96}{4} = 12.$$

Число коллекторныхъ пластинокъ будетъ равно:

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

Слѣдовательно щетки будутъ лежать по концамъ одного диаметра. Каждую коллекторную пластинку можно раздѣлить на 5 изолированныхъ частей, одну сообщить съ соотвѣтствующимъ первымъ элементомъ, а остальные съ элементами, лежащими на $\frac{2\pi}{5} = \frac{360}{5} = 72^\circ$ отъ этихъ послѣднихъ. Всего получится $24 \times 5 = 120$ пластинокъ, причемъ равномерность силы тока при коммутированіи будетъ почти полная.

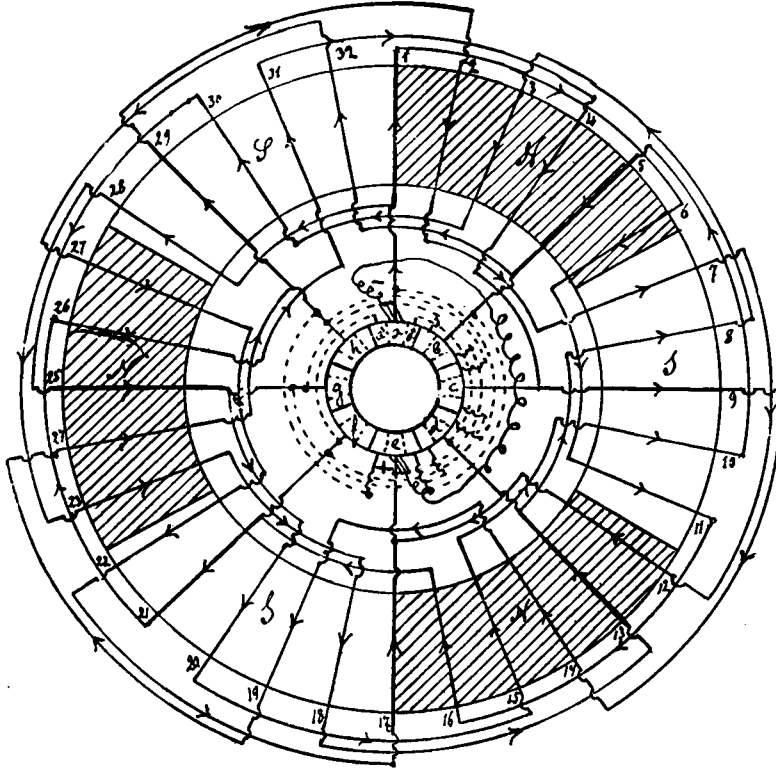
Г. Таблицы соединеній обмотокъ. Есть еще способъ изображать соединенія въ обмоткахъ, не пользуясь чертежомъ, который зачастую можетъ получиться слишкомъ труднымъ для чтенія. Для того, чтобы показать, какъ составляются подобныя таблицы, возьмемъ для примѣра только что рассчитанный 10-ти полюсный якорь. 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:



Продолжить дальше эту группу не представляетъ труда, стоитъ только прибавлять по 10 $= \frac{y}{2} = y : \frac{c}{2}$ — къ предыдущимъ числамъ каждаго вертикальнаго 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	



Фиг. 18.

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 рассчитать и построить и для большаго числа полюсовъ. Напримѣръ: $s = 96, p = 5, c = 4, a = 1, t = 1, \epsilon = 1, \gamma = 2$. Получимъ:

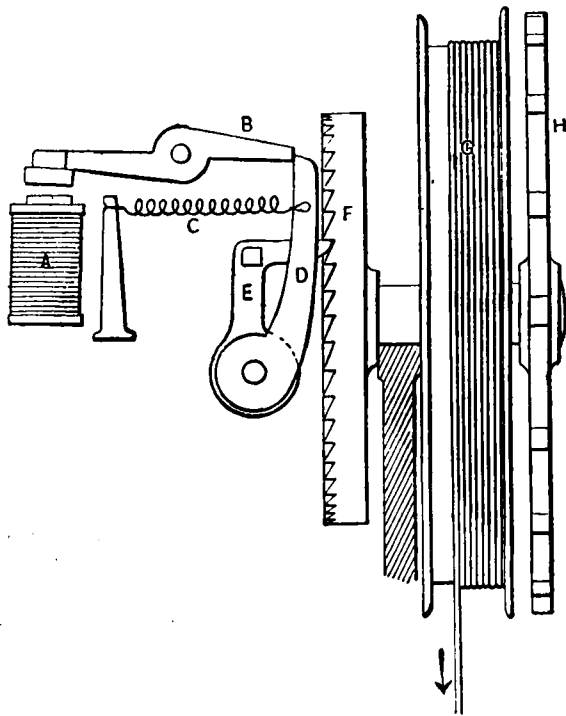
$$y = \frac{1}{5} (1 \cdot 96 \pm 1 \cdot 4) = 20; y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = 5;$$

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

*) Дѣйствительно: при вращеніи якоря по часовой стрѣлкѣ (фиг. 18), при 8 коллекторныхъ пластинкахъ, подъ щетку (—) должна была бы поступить пластинка h , и коммутация происходила бы въ замѣнѣ, въ лѣвой части якоря, секціи (1) — секціею (29). При (24) коллекторныхъ пластинкахъ подъ щетку (—) поступитъ 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 (группа) (29).

ОБЗОРЪ

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



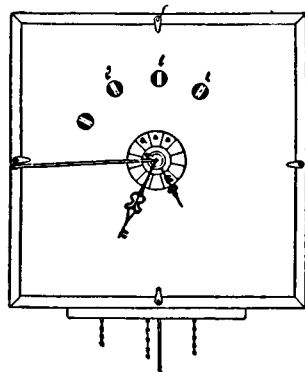
Фиг. 19.

чагъ D. Последний, 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 движеніе подъ вліяніемъ гири, прикрѣпленной къ намотанной на барабанъ нити, или же скрученной внутри его пружины (подобно пружинѣ въ часовомъ механизмѣ). Цѣпь, соединяющая шестерню H съ клапаномъ въ паропроводной трубѣ, передаетъ движеніе послѣднему, и доступъ пара въ цилиндръ прекращается. Это закрываніе клапана, въ началѣ быстрое, заканчивается плавно и постепенно, при помощи особаго приспособленія, не указанного на фигурѣ.

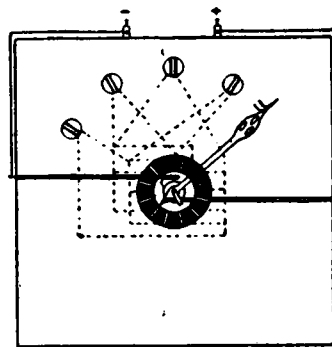
Что касается способа замыканія цѣпи электромагнита А, то это можно производить или при помощи обыкновеннаго ручнаго замыкателя, или автоматически — соединяя ось двигателя при посредствѣ ременной передачи съ осью маленькаго регулятора (этотъ регуляторъ составляетъ часть прибора), который замыкаетъ токъ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

(L'Éclairage électrique).

къ часамъ вмѣсто циферблата, какъ это видно на фиг. 20. Въ серединѣ пластинки сдѣлано круглое отверстіе около 5 см. діаметромъ; близко отъ крайя 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 придатокъ, 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 (b), число и положеніе конхъ зависить отъ потребностей сигнализаци (продолжительность сигнала въ 10 секундъ соответствуетъ приблизительно ширине полоски въ 1 $\frac{3}{4}$ мм.). Снявъ часовую и минутную стрѣлки, надѣваютъ на ихъ оси каучуковыя трубочки такъ, чтобы между осями не было тренія. Наружная (надѣтая на часовую ось) трубочка окружена мѣдной оболочкой, къ внутреннему концу которой припаивается узенькая платиновая полоска, а къ на-



Фиг. 20.



Фиг. 21.

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

Контактныя пластинки а и b соединены между собою проводниками и каждому сигналу соответствуетъ своя пластинка b, 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 b, способъ соединенія конхъ съ пластинками а легко опредѣляется въ каждомъ частномъ случаѣ. Примѣромъ можетъ служить соединеніе, устроенное въ Шарлотенбургскомъ реальномъ училищѣ. Здѣсь пока ухитрились поставить, какъ показано на фиг. 21, только 4 пластинки b, 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	

Электрическіе сигнальные часы. Цѣль описываемаго прибора — простота и дешевизна при большой точности функціонирования. Существенная его часть (фиг. 21 и 22) состоитъ изъ толстой квадратной стеклянной пластинки, съ одной стороны зачерненной; ее вставляютъ въ деревянную рамку, прикрѣпленную

Для устранения возможной неправильности хода часовъ, при проходѣ минутной стрѣлки черезъ контакты *b*, обыкновенно поступаютъ такъ: просверливаютъ дыры, заполняютъ ихъ каучукомъ, въ который вставлены пластинки *b* 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 статистическія данныя касательно электрическихъ желѣзныхъ дорогъ и трамваевъ въ Европѣ, находящихся въ эксплуатаціи или строящихся по 1 января 1898 года. Прила-

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

Изъ 204 эксплуатируемыхъ линій 13—работаютъ на аккумуляторахъ (Германія—6; Франція—4; Англія—1; Бельгія 1); 3—смѣшанной системой на троллеяхъ и аккумуляторахъ (Франція—2; Германія—1); 8—на подземныхъ проводахъ (Германія—2; Австрія—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	1898	1897	1898	1897	1898
Австро-Венгрія	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
Германія	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
Испанія	47	61	600	930	40	50	3	4
Италія	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 Тервюфенѣ. — 30 октября прошлаго года Бельгійское электротехническое общество пригласило своихъ членовъ и представителей прессы на осмотръ электрической однорельсовой дороги системы Бера (F. V. Behr), построенной въ Тервюфенѣ.

Эта дорога отличается тѣмъ, что поѣздъ, состоящій только изъ одного вагона, снабженнаго электродвигателями, катится не по двумъ, а по одному рельсу, поддерживаемому на нѣкоторой 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 поѣздовъ и,

несмотря на неблагоприятныя 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 амперъ при 750 вольтахъ. Вагонъ вѣсилъ 60.000 килогр. и былъ рассчитанъ на 100 пассажировъ. Въ электротехническомъ отношеніи дорога эта не представляетъ ничего особенно новаго; стоимость ея постройки обходится въ 125.000 фр. за килом.

Подобную однорельсовую дорогу предполагаютъ устроить также между Автверпенемъ и Брюсселемъ.

(L'Industrie élect.).

РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

Вліяніе звука на когереры.— Недавно проф. Ауэрбахъ нашель, что звуковыя колебанія дѣйствуютъ на разные виды когерера совершенно такъ же, какъ и электрическія; помѣщая включенный въ цѣпь гальванометра когерерь на столѣ, касаясь того же стола ножкой звучащаго камертона, онъ нашель, что сопротивление когерера уменьшалось при этихъ условіяхъ въ такой же степени, какъ отъ дѣйствія разрядника Риги, находящагося въ 20 сантиметрахъ отъ прибора, при длинѣ искры въ 15 сантиметровъ. Легкій толчекъ возвращалъ когерерь въ прежнее состояніе. Подобное же вліяніе оказывала звучащая органная труба, передавая колебанія прибору только черезъ воздухъ, и даже такія медленные, какъ ритмическое постукиваніе рукой по столу. Такъ какъ въ этихъ случаяхъ вліяніе на когерерь несомнѣнно чисто механическое, то фактъ этотъ подкрѣпилъ бы мнѣніе, стремящееся дать механическое объясненіе дѣйствію на когерерь электрическихъ колебаній.

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

Электрическое освѣщеніе Парижа и Берлина.— Bulletin des Usines Electriques приводитъ интересные свѣдѣнія объ электрическомъ освѣщеніи городовъ Парижа и Берлина. Въ Берлинѣ имѣется въ настоящее время 300.000 лампъ накаливанія по 16 свѣчей и нѣсколько тысячъ 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 накаливанія и 7.448 дуговыхъ лампъ; вромѣ того, онѣ доставляютъ 1.940 силъ 513 электродвигателямъ. Цѣна электрической энергіи около 46 к. за киловатъ-часъ.

Динамо постоянного тока въ 3.000 киловатт.— Въ нашемъ журналѣ уже упоминалось о двухъ-фазныхъ альтернаторахъ Ніагарской установкѣ, дающихъ до 3.600 киловатт и о динамо постоянного тока въ 1.500 киловатт, которыя очень употребительны на трамвайныхъ установкахъ въ большихъ городахъ Соединенныхъ штатовъ. Въ настоящее время компанія Валькера, въ Клевелендѣ, сооружаетъ динамо постоянного тока, которая своею мощностью затмитъ всѣ предыдущія динамо. Машина эта, имѣющая внѣшній діаметръ короны индукторовъ равнымъ 7,3 метра, будетъ давать 3.000 киловатт и до 3.600 — въ случаѣ исключительно большой нагрузки. Она будетъ вѣсить 135 тоннъ, изъ которыхъ 45 приходится на якорь. Размѣры этого якоря таковы, что его обмотка будетъ сдѣлана на мѣстѣ установки. Динамо будетъ приводиться въ дѣйствіе непосредственно паровою машиною, мощностью въ 3.600 повеле *).

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

Проф. Бэйлей предпринялъ опыты изслѣдованія этого вопроса, воспользовавшись необработываемымъ полемъ около Бристола. Предполагается собирать атмосферное электричество съ помощью группы острыхъ, помѣщенныхъ на имѣющейся вблизи башнѣ, и проводить его въ землю. Опыты покажутъ, какое вліяніе произведетъ это электричество на возрастаніе растеній.

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

Электрическая сигнализанія системы Крандала.— Въ теченіе закончившейся нынѣ войны С.-А. Соед. Штатовъ съ Испаніей, во многихъ городахъ Америки была примѣнена электрическая сигнализанія, по способу Крандала, для сообщенія публикѣ послѣднихъ извѣстій съ театра военныхъ дѣйствій. Между прочимъ, на крышѣ одного изъ зданій, окружающихъ Мадисонскверъ (въ Нью-Йоркѣ) были установлены 38 гигантскихъ рамъ (0,9 м. въ ширину и 1,5 м. въ вышину) со множествомъ каллажныхъ замочекъ; послѣднія соединялись проводами съ 38 клавишными манипуляторами, по виду очень сходными съ клавиатурой пишущей машины Ремингтона. Въ каждомъ манипуляторѣ имѣлось 26 клавишъ, по числу буквъ алфавита. Лицо, заведывавшее сигнализаніей, простымъ нажимомъ на ту или другую клавишу какого-либо изъ 38 манипуляторовъ, тѣмъ самымъ вызывалъ въ соответственной рамѣ появленіе той или другой свѣтящейся 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 военныя новости.

Длиннѣйшая телефонная линія.— Въ настоящее время проводится въ Америкѣ самая длинная на земномъ шарѣ телефонная линія, въ 4.000 километровъ, между городами Санъ Діаго и Нельсонъ. Линія эта вдвое длиннѣе самой длинной изъ существующихъ въ настоящее время телефонныхъ линій — изъ Бостона въ Чикаго. Теперь же готовится устройство грандіозной 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 пробитъ 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 пророчечный день, взялась окончить его въ четыре раза скорѣе, чѣмъ былъ построенъ Монъ-Сенискій туннель и за половину той цѣны, что стоилъ послѣдній. Благодаря электрическому освѣщенію, будетъ избѣгнуто чрезмѣрное повышеніе температуры, которая и такъ достигнетъ 40° С. въ серединѣ туннеля. Электрическіе вентиляторы будутъ вводить въ туннель 1.770 куб. футъ воздуха въ секунду при скорости въ 22 километра въ часъ. Тяга въ туннелѣ предполагается тоже электрическая.

*) Повеле = 100 килограммметровъ въ секунду.