

Теорія репульсионныхъ моторовъ.

ЧАСТЬ II ¹⁾.

Въ этой части, которая предполагалась раньше въ видѣ двухъ отдѣльныхъ статей, авторъ ограничивается лишь изслѣдованіемъ мотора Томсона, считая, что приложеніе выводовъ къ другимъ типамъ репульсионныхъ двигателей послѣ сказаннаго въ первой части не представляетъ труда.

1. Коммутация.

Вопросъ о коммутации является однимъ изъ самыхъ труднѣйшихъ вопросовъ электротехники. Если при постоянномъ токѣ нельзя говорить объ удачномъ рѣшеніи вопроса въ количественномъ отношеніи, то по-давно не можетъ быть рѣчи о немъ при переменномъ —, гдѣ онъ усложняется явленіемъ статической индукціи. Поэтому, отказываясь заранѣе отъ попытки количественнаго рѣшенія вопроса, авторъ здѣсь ограничивается главнымъ образомъ лишь изслѣдованіемъ въ качественномъ отношеніи вліянія токовъ короткозамкнутой катушки на работу мотора, поскольку это позволяетъ, принятая имъ точка зрѣнія на дѣйствіе двигателя.

а) Электродвижущія силы короткозамкнутой катушки.

Короткозамкнутую катушку мотора Томсона пронизываютъ два магнитныхъ потока Φ_{no} и Φ_{np} , вслѣдствіе чего въ ней при вращеніи мотора индуктируются четыре электродвижущихъ силы:

1) Электродвижущая сила отъ пульсаціи продольнаго потока

$$E'_{no} = 4,44 \cdot \infty_1 \cdot w_k \cdot 2l \cdot B_{no} \cdot \frac{D}{2} \cdot 10^{-8} \cdot \int_{\frac{\pi}{2}-\lambda}^{\frac{\pi}{2}} \sin \alpha \cdot d\alpha = \\ = 4,44 \cdot \infty_1 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{no} \cdot \sin \lambda \cdot 10^{-8}, \dots \dots \dots (1)$$

отстающая по фазѣ на уголъ $\frac{\pi}{2}$ отъ продольнаго потока Φ_{no} ;

¹⁾ См. Изв. Т. Т. И. 1913 г., т. XXIX.

2) Электродвижущая сила вращения въ продольномъ полѣ

$$E''_{no} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot B_{no} \cdot \cos \lambda \cdot w_k \cdot 2l \cdot \pi \cdot D \cdot \infty_2 \cdot 10^{-8} =$$

$$= 4,44 \cdot \infty_2 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{no} \cdot \cos \lambda \cdot 10^{-8}, \dots \dots \dots (2)$$

въ фазѣ съ продольнымъ полемъ;

3) Электродвижущая сила отъ пульсаціи поперечнаго потока

$$E'_{np} = 4,44 \cdot \infty_1 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{np} \cdot \cos \lambda \cdot 10^{-8}, \dots \dots \dots (3)$$

отстающая по фазѣ на уголь $\frac{\pi}{2}$ отъ поперечнаго потока Φ_{np} .

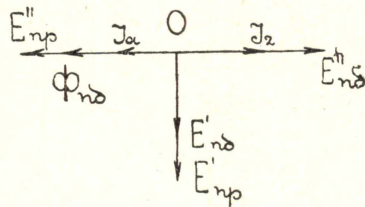
4) Электродвижущая сила вращения въ поперечномъ полѣ

$$E''_{np} = 4,44 \cdot \infty_2 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{np} \cdot \sin \lambda \cdot 10^{-8}, \dots \dots \dots (4)$$

въ фазѣ съ поперечнымъ полемъ.

Переходя къ диаграммѣ этихъ электродвижущихъ силъ, нужно замѣтить, что короткозамкнутая катушка сцѣплена электромагнитно, какъ съ продольной, такъ и съ поперечною катушками ротора, поэтому для установленія фазъ электродвижущихъ силъ короткозамкнутой катушки необходимо разсмотрѣть послѣдовательность дѣйствій продольнаго и поперечнаго потоковъ въ этихъ сцѣпленіяхъ съ ней.

Пусть $O\Phi_{no}$ (фиг. 1) представляетъ векторъ продольнаго потока, тогда векторъ электродвижущей силы, индуктирующей въ короткозамкнутой катушкѣ отъ пульсаціи этого потока, будетъ OE'_{no} , отстающій на уголь $\frac{\pi}{2}$ отъ $O\Phi_{no}$. Путемъ простыхъ разсужденій мы можемъ придти къ заключенію, что векторъ электродвижущей силы въ этой катушкѣ отъ пульсаціи поперечнаго потока — OE'_{np}

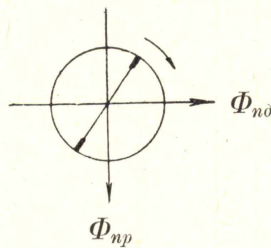


Фиг. 1.

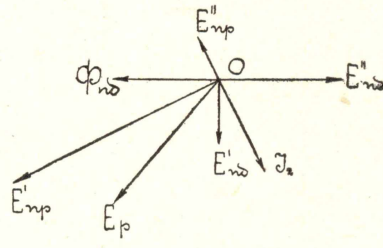
опережаетъ по фазѣ на уголь $\frac{\pi}{2}$ векторъ

вторичной силы тока OJ_2 . Разсмотримъ случай, когда $\angle \gamma = 0$ и уголь между вторичнымъ и намагничивающимъ токами равенъ π ; вслѣдствіе того, что при этихъ условіяхъ поперечная катушка содѣйствуетъ вращенію, потоки поперечный и продольный расположены въ пространствѣ, какъ показано на фиг. 2. Такъ какъ они оба пронизываютъ короткозамкнутую катушку съ передней стороны на заднюю и пульсируютъ одновременно, то электродвижущія силы, индуктирующіяся въ этой катушкѣ отъ пульсаціи ихъ, будутъ направлены въ одну сторону и въ фазѣ. Выше мы видѣли, что векторъ OE'_{no} отстаетъ по фазѣ

на уголъ $\frac{\pi}{2}$ отъ $O\Phi_{nd}$, слѣдовательно векторъ OE'_{np} долженъ быть отложенъ подъ угломъ $\frac{\pi}{2}$ къ вектору вторичнаго тока OJ_2 въ сторону опереженія. Примѣняя обычные правила для опредѣленія направленія электродвижущихъ силъ вращения, не трудно видѣть, что E''_{nd} стремится создать потокъ противоположный Φ_{nd} , а E''_{np} — дѣйствующій въ одну сторону съ Φ_{np} , поэтому векторъ OE''_{nd} долженъ быть отложенъ подъ угломъ π къ $O\Phi_{nd}$, а векторъ OE''_{np} подъ угломъ π къ OJ_2 .



Фиг. 2.



Фиг. 3.

На фиг. 3 представлена діаграмма электродвижущихъ силъ, индуктирующихся въ коротко замкнутой катушкѣ репульсионнаго мотора для скорости меньшей синхронной и для небольшого угла сдвига щетокъ; равнодѣйствующая всѣхъ этихъ электродвижущихъ силъ представляется векторомъ OE'_p .

Разсмотримъ моторъ, лишенный вторичнаго сопротивления, реакціи разсѣянія и сдвига фазъ между намагничивающимъ токомъ и магнитнымъ потокомъ; діаграмма напряженій ротора такого мотора будетъ состоять изъ четырехъ векторовъ, представляющихъ электродвижущія силы $E_{nc.1}$, $E_{ep.2}$, $E_{nc.2}$, $E_{ep.1}$ (см. стр. 7, 1-й части), которыя, какъ это видно изъ діаграммы, связаны слѣдующимъ уравненіемъ:

$$E_{nc.1}^2 + E_{ep.2}^2 = E_{nc.2}^2 + E_{ep.1}^2,$$

Подставляя значенія $E_{nc.1}$, $E_{ep.2}$, $E_{nc.2}$ и $E_{ep.1}$, получаемъ:

$$4,44 \cdot \infty_1 \cdot D^2 \cdot l \cdot \frac{\omega_2}{\tau} \cdot 10^{-8} \cdot B_{nd} \cdot \sqrt{\cos^2 \lambda + v^2 \sin^2 \lambda} =$$

$$= 4,44 \cdot \infty_1 \cdot D^2 \cdot l \cdot \frac{\omega_2}{\tau} \cdot 10^{-8} \cdot B_{np} \cdot \sqrt{\sin^2 \lambda + v^2 \cos^2 \lambda},$$

откуда

$$B_{np} = B_{nd} \sqrt{\frac{\cos^2 \lambda + v^2 \sin^2 \lambda}{\sin^2 \lambda + v^2 \cos^2 \lambda}} \dots \dots \dots (5)$$

Эта формула показываетъ, что при малыхъ скоростяхъ и небольшихъ углахъ сдвига щетокъ B_{np} можетъ быть значительно больше (даже въ нѣсколько разъ), чѣмъ B_{nd} ; такимъ образомъ индукція въ желѣзѣ въ репульсионныхъ моторахъ мѣняется въ широкихъ предѣлахъ и можетъ достигать очень большихъ значеній, что конечно оказываетъ большое

вліяніе на работу мотора и является одной изъ причинъ отличія теоретическихъ характеристикъ отъ полученныхъ опытнымъ путемъ.

При синхронизмѣ изъ формулы 5 мы имѣемъ:

$$B_{np} = B_{nd}; \dots \dots \dots (6)$$

такъ какъ тогда

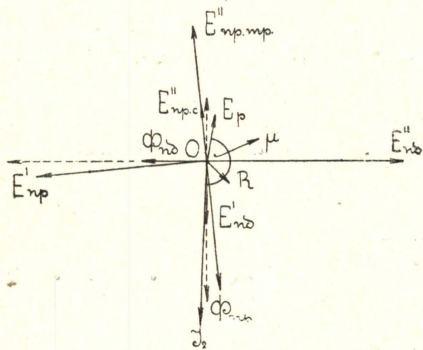
$$E_{nc.1} = E_{ep.1}, \text{ и } E_{nc.2} = E_{ep.2},$$

то векторъ поперечнаго потока отстаетъ на уголь $\frac{\pi}{2}$ отъ — продольнаго и слѣдовательно для мотора, лишеннаго вторичнаго сопротивленія и реакціи разсѣянія, при синхронизмѣ получается круговое вращающееся поле. Примѣняя условіе 6) къ выраженіямъ электродвижущихъ силъ, индуктирующихся въ короткозамкнутой катушкѣ, получаемъ равенства:

$$E'_{nd} = E''_{np} \text{ и } E'_{np} = E''_{nd},$$

и діаграмма этихъ электродвижущихъ силъ представляется четырьмя векторами (фиг. 4 пунктиръ) OE''_{np} , OE'_{nd} , OE'_{np} и OE''_{nd} попарно равными и направленными въ противоположныя стороны, такъ что равнодѣйствующая ихъ равна нулю и слѣдовательно коммутация происходитъ безъ коммутирующей электродвижущей силы.

При наличіи въ моторѣ сдвига фазъ между намагничивающимъ токомъ и магнитнымъ потокомъ, вторичныхъ сопротивленія и реакціи разсѣянія, B_{np} при синхронизмѣ меньше B_{nd} и векторъ поперечнаго потока отстаетъ отъ продольнаго по фазѣ на уголь большій $\frac{\pi}{2}$, вслѣдствіе



Фиг. 4.

чего получается вращающееся поле уже не круговое, а эллиптическое. Диаграмма электродвижущихъ силъ короткозамкнутой катушки для этого случая представляется на фиг. 4 (сплошными), ихъ равнодѣйствующая уже не равна нулю, а представляется векторомъ OR .

Однако и эта діаграмма далека отъ дѣйствительности; дѣло въ томъ, что какъ разъ въ зонѣ коммутации форма поля можетъ значительно отступать отъ синусоиды и поэтому электродвижущія силы короткозамкнутой катушки могутъ имѣть значенія сильно отличающіяся отъ вычисленныхъ по форм. 1—4.

Пользуясь форм. 2а 1-й части, мы можемъ выразить индукцію въ

зонѣ коммутациі при синусоидальномъ распредѣленіи поля B черезъ индукцію при трапецидальномъ B_m слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} B &= B_c \cdot \sin(90 - \alpha) = \frac{\pi^2 \beta_4 \left(1 - \frac{2}{3} \beta_4\right)}{4 \cos \alpha} \cdot B_m \cdot \sin(90 - \alpha) = \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot \beta_4 \left(1 - \frac{2}{3} \beta_4\right) B_m, \end{aligned}$$

гдѣ α уголъ сдвига щетокъ отъ амплитуды поля. Выраженіе, стоящее передъ B_m , при большихъ значеніяхъ α много меньше единицы, поэтому и электродвижущая сила вращенія, вычисленная въ предположеніи трапецидальности поля E''_m значительно больше таковой при синусоидальномъ E''_c ; такъ для поперечнаго поля при

$$\lambda = 18^\circ (\alpha = 72^\circ) E''_m = 2,34 E''_c.$$

При малыхъ же значеніяхъ α E''_m немного отличается отъ E''_c , напримѣръ при

$$\alpha = 18^\circ E''_m = 1,08 E''_c.$$

Что касается до электродвижущихъ силъ пульсаціи, то онѣ, какъ это можно ожидать заранѣе, мало отличаются другъ отъ друга при томъ и другомъ распредѣленіи полей, такъ при

$$\lambda = 18^\circ E'_c = 1,02 E'_m.$$

Увеличивъ на фиг. 4 векторъ OE''_{np} въ 2,34 раза, мы получаемъ діаграмму съ равнодѣйствующимъ векторомъ OE'_p , направленнымъ уже совершенно въ другую сторону. Надо однако замѣтить, что и эта діаграмма представляетъ лишь довольно грубое приближеніе къ дѣйствительности, ибо векторъ OE''_{nd} и по фазѣ и по величинѣ отличается также отъ показаннаго на фиг. 4; но ввиду того, что сложная форма продольнаго поля представляетъ большія трудности для болѣе точнаго опредѣленія этого вектора, а также того, что мы имѣемъ цѣлью лишь качественную сторону явленія, на которую сравнительно небольшія измѣненія въ фазѣ и величинѣ вектора OE''_{nd} не оказываютъ существеннаго вліянія, мы не входимъ въ подробности ихъ опредѣленія, какъ не имѣюція непосредственнаго отношенія къ нашей цѣли.

При $\lambda = 0^\circ$ (при синхронизмѣ) въ короткозамкнутой катушкѣ индуцируется лишь одна электродвижущая сила вращенія въ продольномъ полѣ E''_{0° , а при $\lambda = 90^\circ$ — лишь электродвижущая сила пульсаціи E'_{90} по величинѣ равная одна другой:

$$E''_{0^\circ} = E'_{90} = 4,44 \cdot \infty_1 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{nd} \cdot 10^{-8}.$$

Какъ E''_0 , такъ и E'_{90} составляютъ съ токомъ углы меньшіе 90° .

При $\lambda = 10^\circ - 50^\circ$ дѣйствуютъ равнодѣйствующія электродвижуція силы по величинѣ значительно меньшія E''_0 и E''_{90} , а по фазѣ отстающія отъ тока ротора на углы большія 90° .

При неподвижномъ роторѣ, принимая опять равными нулю вторичное сопротивление, реакцію разсѣянія и уголъ γ , изъ форм. 5 имѣемъ:

$$B_{np} = B_{n0} \cdot ctg \lambda,$$

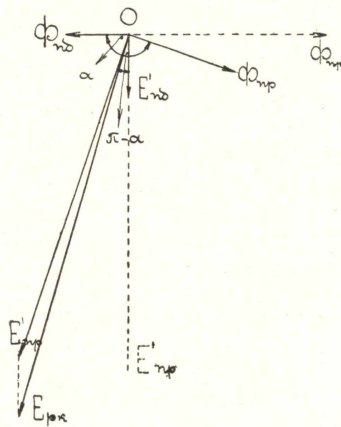
такъ какъ $E_{ep.1}$ и $E_{ep.2}$ равны нулю, то поперечный потокъ Φ_{np} отстаетъ по фазѣ на уголъ π отъ продольнаго Φ_{n0} . Вслѣдствіе этого въ короткозамкнутой катушкѣ будутъ дѣйствовать только двѣ электродвижуція силы E'_{n0} и E'_{np} (фиг. 5 пунктиръ), совпадающія по фазѣ и дающія равнодѣйствующую:

$$E_{p.k} = 4,44 \cdot \infty_1 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{n0} \cdot \cosc \lambda \cdot 10^{-8}.$$

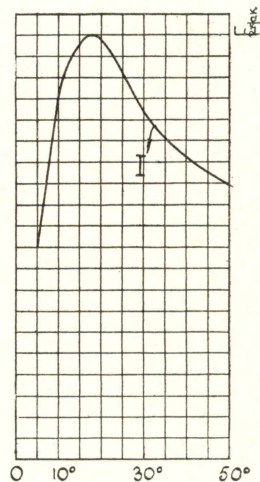
При наличіи вторичнаго сопротивления и реакціи разсѣянія

$$B_{np} < B_{n0} ctg \lambda,$$

векторъ $O\Phi_{np}$ отстаетъ отъ вектора $O\Phi_{n0}$ уже на уголъ α меньшій 180° (фиг. 5), поэтому и векторъ OE'_{np} опережаетъ OE'_{n0} на уголъ $\pi - \alpha$; равнодѣйствующая ихъ представляется векторомъ $OE_{p.k}$.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

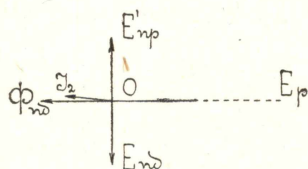
Съ увеличеніемъ отъ 0° угла сдвига щетокъ E'_{n0} возрастаетъ, а E'_{np} сначала возрастаетъ, переходитъ черезъ максимумъ, затѣмъ убываетъ; вслѣдствіе этого равнодѣйствующая ихъ $E_{p.k}$ также имѣетъ максимумъ. Кривая I фиг. 6, представляетъ $E_{p.k}$, какъ функцію λ ; изъ этой кривой видно, что $E_{p.k}$ достигаетъ максимума при небольшомъ углѣ

сдвига щетокъ ($\lambda = 18^\circ - 19^\circ$), такъ что пускъ въ ходъ мотора при этихъ углахъ неудобенъ въ отношеніи коммутаци.

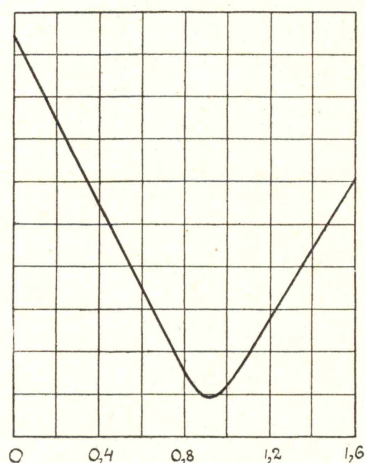
При безконечно большой скорости вторичный токъ равенъ намагничивающему по фазѣ и величинѣ, продольный и поперечный потоки совпадаютъ по фазѣ и B_{np} изъ форм. 5 равно

$$B_{np} = B_{no} \cdot tg \lambda.$$

Электродвижущія силы, индуцирующіяся въ короткозамкнутой катушкѣ отъ пульсаци продольнаго и поперечнаго потоковъ E'_{no} и E'_{np} (фиг. 7), направлены въ противоположныя стороны и равны по величинѣ, такъ что взаимно уничтожаются. Электродвижущія же силы отъ вращенія въ продольномъ и по-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

перечномъ поляхъ направлены въ одну сторону и даютъ равнодѣйствующую:

$$E_p = 4,44 \cdot \infty_2 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{np} \cdot sec \lambda \cdot 10^{-8},$$

которая безконечно велика.

Съ уменьшеніемъ скорости равнодѣйствующая электродвижущая сила уменьшается, достигаетъ минимума при скорости немного меньшей синхронной и снова возрастаетъ съ дальнѣйшимъ ея уменьшеніемъ; фиг. 8 представляетъ E_p , какъ функцію скорости.

в) Токъ короткозамкнутой катушки и вліяніе его на первичную цѣпь.

Равнодѣйствующая электродвижущая сила E_p вызываетъ въ короткозамкнутой катушкѣ токъ i_p , который при началѣ короткаго замыканія равенъ нулю, затѣмъ возрастаетъ, переходитъ черезъ максимумъ и потомъ начинаетъ уменьшаться подъ вліяніемъ все возрастающаго сопротивленія цѣпи; такъ какъ этотъ максимумъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше въ данный моментъ мгновенное значеніе равнодѣйствующей электродвижущей силы, то слѣдовательно токъ короткозамкнутой катушки i_p находится въ фазѣ съ ней. Токъ i_p накладывается на комму-

тирующійся токъ катушки i_k ; если равнодѣйствующая электродвижущая сила по фазѣ совпадаетъ съ токомъ той части ротора, откуда катушка переходитъ (поперечной катушки), то токъ i_p задерживаетъ коммутацію, а потому, какъ извѣстно, оказываетъ на первичную цѣпь размагничивающее дѣйствіе; если равнодѣйствующая электродвижущая сила по фазѣ противоположна коммутирующемуся току, то токъ i_p содѣйствуетъ коммутаціи и слѣдовательно оказываетъ на первичную цѣпь намагничивающее дѣйствіе. Если наконецъ она опережаетъ или отстаетъ по фазѣ отъ коммутирующагося тока на уголъ $\frac{\pi}{2}$, то токъ i_p производитъ въ однихъ частяхъ періода перекоммутацію, въ другихъ недокоммутацію. Такъ какъ короткозамкнутая катушка переходитъ изъ поперечной въ продольную, а токъ поперечной противоположенъ по фазѣ продольной, то при отличіи фазъ вектора равнодѣйствующей электродвижущей силы и вектора вторичнаго тока на уголъ π , токъ короткозамкнутой катушки производитъ въ первичной цѣпи кажущееся уменьшеніе вектора вторичнаго тока, при совпаденіи фазъ ихъ кажущееся увеличеніе, а при опереженіи или отставаніи фазы OE_p отъ OJ_2 на уголъ $\frac{\pi}{2}$, токъ i_p производитъ въ первичной цѣпи кажущееся опереженіе или отставаніе вектора вторичнаго тока. Такимъ образомъ въ дѣйствительности векторъ первичнаго тока является геометрической суммой не двухъ векторовъ, а уже трехъ: намагничивающаго тока, вторичнаго и короткозамкнутой катушки.

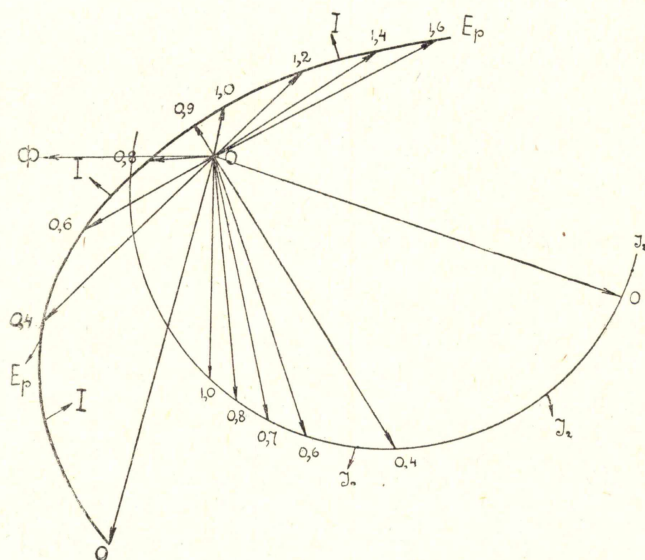
Мы видѣли, что при бесконечно большой скорости E_p бесконечно велика, однако токъ короткозамкнутой катушки i_p въ этомъ случаѣ имѣетъ конечное значеніе, такъ какъ кажущееся сопротивление ея зависитъ отъ скорости. Такимъ образомъ

$$i_p = \frac{4,44 \cdot D \cdot l \cdot w_k \cdot B_{no} \cdot \sec \lambda \cdot 10^{-8}}{k \cdot L_k}$$

гдѣ k нѣкоторая постоянная, а L_k коэффициентъ индукціи разсѣянія катушки. Этотъ токъ короткозамкнутой катушки по фазѣ отличается отъ продольнаго потока на уголъ π , а отъ вторичнаго тока на уголъ немного большій π , слѣдовательно противодѣйствуетъ коммутаціи и производитъ кажущееся уменьшеніе вторичнаго тока, т. е. вызываетъ появленіе безваттнаго первичнаго тока.

Съ уменьшеніемъ скорости равнодѣйствующая электродвижущая сила, а также уголъ μ между ней и вторичнымъ токомъ, (см. фиг. 9) уменьшаются, но такъ какъ $\pi > \mu > \frac{\pi}{2}$, то токъ i_p съ одной стороны противодѣйствуетъ коммутаціи и слѣдовательно уменьшаетъ первичный токъ, первичную и вторичную мощности и моментъ, а съ другой — увеличи-

ваетъ сдвигъ первичнаго тока отъ напряженія. При дальнѣйшемъ уменьшеніи скорости равнодѣйствующая электродвижущая сила продолжаетъ уменьшаться, а уголъ μ начинаетъ снова увеличиваться, при скорости нѣмного меньшей синхронной онъ равенъ π , а E_p достигаетъ минимума, при скорости приблизительно 0,75¹⁾ синхронной $\mu = \frac{3\pi}{2}$, а затѣмъ $\mu > \frac{3\pi}{2}$. Соответственно съ этимъ и токъ i_p до скорости нѣмного меньшей синхронной уменьшаетъ коэффициентъ мощности, а послѣ нея увеличиваетъ и до скорости ∞ 0,75 синхронной уменьшаетъ первичный токъ, мощность и моментъ, а при меньшей увеличиваетъ ихъ.



Фиг. 9. Геометрическое мѣсто (I) конца вектора равнодѣйствующей электродвижущей силы E_p съ измѣненіемъ скорости вращеніе.

Интересно вліяніе, которое оказываетъ на реакцію короткозамкнутой катушки форма поперечнаго поля. При синусоидальномъ полѣ, какъ мы видѣли, при синхронизмѣ E_p составляетъ съ J_2 уголъ меньшій $\frac{\pi}{2}$, слѣдовательно содѣйствуетъ коммутаци и увеличиваетъ токъ мотора, такъ что скорость, при которой генераторное дѣйствіе короткозамкнутой катушки переходитъ въ моторное, выше синхронной, а при трапецеидальномъ она уже значительно ниже синхронной. Такимъ образомъ, то сильное поле поперечной катушки, которое создаетъ въ зонѣ коммутаци трапецеидальное поле очень ухудшаетъ коэффициентъ мощности и коммутацию репульсионныхъ моторовъ. Автору кажется, что для улучшенія ихъ наиболѣе вѣрнымъ средствомъ было бы нанесеніе на статоръ особой компенсаціонной обмотки, протекаемой токомъ ротора, или просто коротко-

¹⁾ Для даннаго мотора.

замкнутой, которая ослабляла бы въ зонѣ коммутации поле поперечной катушки.

При неподвижномъ положеніи ротора токъ короткозамкнутой катушки равенъ

$$i_{p.k} = \frac{E_{p.k}}{\sqrt{r_k^2 + (2\pi \cdot \infty_1 \cdot L_k)^2}}$$

и по фазѣ отстаетъ отъ $E_{p.k}$ (см. фиг. 5) на уголъ

$$\rho = \arctg \frac{2\pi \cdot \infty_1 \cdot L_k}{r_k}.$$

Вслѣдствіе этого реакція тока $i_{p.k}$ въ первичной цѣпи выражается увеличеніемъ первичнаго тока и уменьшеніемъ его сдвига отъ напряженія, вмѣстѣ съ чѣмъ увеличиваются мощность и моментъ.

2. Построеніе рабочихъ диаграммъ по даннымъ опыта.

Обратимся къ диаграммѣ послѣдовательныхъ обращеній (см. 1-ая часть, рис. 12 табл. I); уголъ ε между прямой $K'p$, представляющей геометрическое мѣсто векторовъ полныхъ кажущихся сопротивленій, и осью ординатъ AU , выражается форм. 19 1-ой части; если въ ней пренебrecь членами $x'_2 \sin 2\gamma$ въ числительѣ и $r'_2 \sin 2\gamma$ въ знаменателѣ, то получимъ такое выраженіе:

$$\varepsilon = \arctg \frac{x'_3 \left(1 + \frac{c_2}{c_1}\right) \cos \gamma + x'_2}{x'_3 \left(1 + \frac{c_2}{c_1}\right) \sin \gamma - r'_2} = \arctg \frac{(x'_3 + x'_4) \cos \gamma + x'_2}{(x'_3 + x'_4) \sin \gamma - r'_2} \dots (7)$$

но

$$x'_3 = \frac{c_1}{c_2} x'_4 = x'_4 \operatorname{tg}^2 \lambda \quad \text{и} \quad x'_3 + x'_4 = \frac{x'_4}{\cos^2 \lambda}.$$

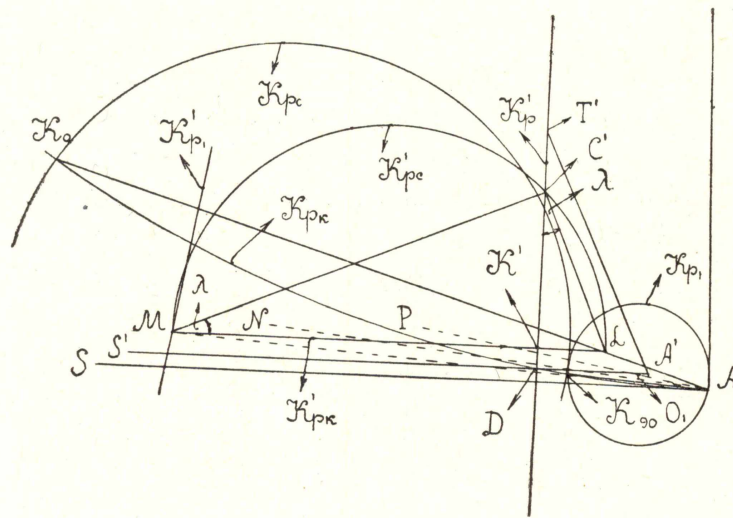
Реакція продольной катушки, приведенная къ первичной цѣпи, — $x'_{нд}$, а слѣдовательно и $x'_4 = x'_{нд} \cos \gamma$, отъ угла сдвига щетокъ не зависятъ, а вторичная реакція поля разсѣянія и вторичное сопротивление, приведенныя къ первичной цѣпи; при измѣненіи угла сдвига щетокъ измѣняются съ измѣненіемъ коэффициента трансформации. Если черезъ x''_2 и r''_2 обозначить значенія x'_2 и r'_2 при углѣ сдвига щетокъ $\lambda = 0$, то при λ отличномъ отъ нуля

$$x'_2 = \frac{x''_2}{\cos^2 \lambda} \quad \text{и} \quad r'_2 = \frac{r''_2}{\cos^2 \lambda}.$$

Такимъ образомъ, подставляя въ форм. 7 полученныя значенія $(x'_3 + x'_4)$, x'_2 и r'_2 и сокращая на $\cos^2 \lambda$, получаемъ

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{x'_4 \cos \gamma + x''_2}{x'_4 \sin \gamma - r''_2} \dots \dots \dots (7a)$$

выраженіе не зависящее отъ угла сдвига щетокъ. Слѣдовательно прямыя полныхъ кажущихся сопротивленій для всѣхъ угловъ сдвига щетокъ составляютъ съ осью ординатъ одинъ и тотъ же уголь и центра окружностей полныхъ проводимостей репульсионнаго мотора для всѣхъ угловъ сдвига щетокъ лежатъ на одной прямой.



Фиг. 10.

Получимъ теперь геометрическое мѣсто, по которому движется при измѣненіи λ , произвольная точка T' линіи полныхъ кажущихся сопротивленій K'_p (фиг. 10). Возьмемъ новую систему координатъ съ началомъ въ точкѣ A' и осью абсциссъ $A'S'$, гдѣ $A'S'$ діаметръ изъ A' круга K'_p (рис. 12, 1-ой части). Изъ прямоугольнаго треугольника $A'T'D$

$$(T'D)^2 = (A'T')^2 - (A'D)^2,$$

подставляя въ это выраженіе значеніе $(T'A')^2$ (см. 1-ая часть стр. 25)

$$(T'A')^2 = \frac{1}{(T''A')^2} = \frac{Z_{2v}^2 \cdot x_4'^2}{x_4'^2 + Z_{2v}^2 + 2x_4' (X'_{2v} \cos \gamma + R'_{2v} \sin \gamma)} = \frac{Z_{2v}^2 x_4'^2}{4\rho'''^2}$$

и значеніе $(A'D)$ (см. 1-ая часть, стр. 23 форм. 18)

$$A'D = \frac{x_4' (x_3' + x_2' \cos \gamma + r_2' \sin \gamma)}{2\rho'''},$$

послѣ нѣкоторыхъ преобразованій получаемъ

$$DT' = \frac{x'_4 (x'_3 c_2 v + r'_2 \cos \gamma - x'_2 \sin \gamma)}{2x_{III}},$$

а по сокращеніи числителя и знаменателя на $\frac{1}{\cos^2 \lambda}$ и подставляя значеніе c_2 —

$$DT' = \frac{x'_4 (v x'_4 \sin 2\lambda + r''_2 \cos \gamma - x''_2 \sin \gamma)}{2(x'_4 + x''_2)}; \dots \dots (8)$$

при $v = 0$

$$DT'_{v=0} = DK' = \frac{x'_4 (r''_2 \cos \gamma - x''_2 \sin \gamma)}{2(x'_4 + x''_2)},$$

выраженіе не зависящее отъ угла сдвига щетокъ. Такимъ образомъ *геометрическое мѣсто конца вектора полного сопротивленія мотора при $v = 0$ съ измѣненіемъ угла сдвига щетокъ есть прямая $K'r_k$, параллельная $A'S$ и отстоящая отъ нея на разстояніи DK' , опредѣляемомъ выраженіемъ (8).*

Сокращая въ выраженіи $A'D$ числителя и знаменателя на $\frac{1}{\cos^2 \lambda}$, получаемъ

$$A'D = \frac{x'_4 (x'_4 \sin^2 \lambda + x''_2 \cos \gamma + r''_2 \sin \gamma)}{2(x'_4 + x''_2)};$$

при $\lambda = 90^\circ$

$$A'D_{\lambda=90^\circ} = \frac{x'_4 (x'_4 + x''_2 \cos \gamma + r''_2 \sin \gamma)}{2(x'_4 + x''_2)} \cong \frac{x'_4}{2},$$

при $\lambda = 0^\circ$

$$A'D_{\lambda=0^\circ} = \frac{x'_4 (x''_2 \cos \gamma + r''_2 \sin \gamma)}{2(x'_4 + x''_2)}.$$

Эти значенія $A'D_{\lambda=0^\circ}$ и $A'D_{\lambda=90^\circ}$ опредѣляютъ положеніе крайнихъ точекъ L и M вышеуказаннаго геометрическаго мѣста.

Перейдемъ къ новой системѣ координатъ съ началомъ въ точкѣ L и осью абсциссъ по линіи LM на $DT'_{v=0}$; координаты точки T' въ этой системѣ представляются:

$$\xi = \frac{x'^2_4 \sin^2 \lambda}{2(x'_4 + x''_2)} \text{ и } \eta = \frac{v x'^2_4 \sin 2\lambda}{2(x'_4 + x''_2)}; \dots \dots (9)$$

при $\lambda = 0$ — $\xi = 0$ и $\eta = 0$

при

$$\lambda = 90^\circ \text{ — } \xi = \frac{x'^2_4}{2(x'_4 + x''_2)},$$

а $\eta = 0$, независимо отъ v .

Исключая изъ выраженій координатъ точки T' уголъ λ , получаемъ уравненіе

$$\eta^2 + v^2 \xi^2 = \frac{v^2 x_4'^2}{2(x_4' + x_2'')} \xi, \dots \dots \dots (10)$$

которое представляетъ уравненіе эллипса, съ діаметромъ LM равнымъ $\frac{x_4'^2}{2(x_4' + x_2'')}$ и началомъ координатъ въ точкѣ пересѣченія его съ этимъ діаметромъ. При $v=1$ уравненіе (10) обращается въ уравненіе круга Kp_c .

$$\eta^2 + \xi^2 = \frac{x_4'^2}{2(x_4' + x_2'')} \xi$$

съ радіусомъ

$$\rho = \frac{x_4'^2}{4(x_4' + x_2'')}.$$

Такимъ образомъ *геометрическое мѣсто конца вектора полного сопротивленія мотора при синхронизмъ съ измѣненіемъ угла сдвига щетокъ, есть окружность $K'p_c$, описанная на LM , какъ на діаметръ.*

Обративъ прямую LM относительно точки A , получимъ окружность Kp_k , проходящую черезъ начало координатъ A , точкѣ M на прямой Kp_k , соотвѣтствуетъ на окружности $Kp_k - K_{90}$, точкѣ $L - K_0$. Обративъ окружность $K'p_c$ относительно точки A получимъ кругъ Kp_c , съ центромъ на линіи AN проходящій черезъ точки K_{90} и K_0 .

Такимъ образомъ мы получаемъ слѣдующее важное заключеніе: *геометрическое мѣсто конца вектора полной проводимости мотора, при его неподвижномъ положеніи и синхронизмъ съ измѣненіемъ угла сдвига щетокъ есть окружности Kp_k и Kp_c .*

Уголъ

$$LC'K' = \arctg \frac{LK'}{C'K} = \arctg \left(\frac{x_4'^2 \sin^2 \lambda}{2(x_4' + x_2'')} : \frac{x_4'^2 \sin 2\lambda}{2(x_4' + x_2'')} \right) = \lambda;$$

это даетъ намъ возможность по данному кругу $K'p_c$, проведя изъ точки M прямую MC' подъ угломъ λ къ ML , опредѣлить положеніе точки C' , перпендикуляръ изъ которой на ML даетъ точку K' и отрѣзокъ $C'K$ — масштабъ скорости.

Скорость v_0 , при которой отдаваемая мощность равна нулю опредѣляется выраженіемъ 32 (1-ая часть стр. 36); если въ него подставить значенія c_1 и c_2 выразить x_3' черезъ x_4' и сократить на $\frac{1}{\cos^2 \lambda}$, то получимъ для v_0 выраженіе

$$v_0 = \frac{x_2'' + x_4' \cos \gamma}{x_2'' + x_4' \sin \gamma} \text{ctg } \lambda.$$

Подставляя его въ формулу (9), получаемъ выраженіе координатъ конца вектора полного сопротивленія мотора, при которомъ отдаваемая мощность равна нулю

$$\xi = \frac{x_4' \sin^2 \lambda}{2(x_4' + x_2'')}$$

и

$$\eta = \frac{x_2'' + x_4' \cos \gamma}{r_2'' + x_4' \sin \gamma} \cdot \frac{x_4'^2}{2(x_2'' + x_4')} \cos^2 \lambda;$$

исключая изъ послѣднихъ выраженій уголъ λ , имѣемъ

$$\eta = \frac{x_2'' + x_4' \cos \gamma}{r_2'' + x_4' \sin \gamma} \cdot \frac{x_4'^2}{2(x_2' + x_4')} - \frac{x_2'' + x_4' \cos \gamma}{r_2'' + x_4' \sin \gamma} \xi$$

— уравненіе прямой Kp_1' , представляющей геометрическое мѣсто конца вектора полного сопротивленія при $W_2' = 0$ съ измѣненіемъ угла сдвига щетокъ.

При $\xi = 0$

$$\eta \cong \frac{x_4'^2}{2(r_2'' + x_4' \sin \gamma)}$$

при

$$\xi = \frac{x_4'^2}{2(x_2' + x_4')} - \eta = 0,$$

такимъ образомъ эта прямая проходитъ черезъ точку M и съ осью ординатъ составляетъ уголъ μ

$$\angle \mu = \arctg \frac{r_2'' + x_4' \sin \gamma}{x_2'' + x_4' \cos \gamma} \dots \dots \dots (11)$$

Обращая эту прямую Kp_1' относительно точки A получаемъ кругъ Kp_1 , проходящій черезъ точки A и K_{90} , съ центромъ на линіи AP подъ угломъ μ къ AS . Этотъ кругъ Kp_1 представляетъ геометрическое мѣсто вектора тока, при которомъ отдаваемая мощность равна нулю, съ измѣненіемъ угла сдвига щетокъ.

Центръ O_1 этого круга представляетъ, очевидно, точку D (рис. 17, стр. 32, 1-ой части) полученную болѣе точно, чѣмъ на стр. 33, 1-ой части. Однако при существующихъ въ репульсионныхъ моторахъ соотношеніяхъ между r_2'' , x_2'' , x_4' и γ уголъ PAU очень близокъ къ 2γ , $\angle O_1K_{90}A \cong \gamma$, слѣдовательно $K_{90}O_1$ параллельна AU и то простое построеніе, которое указано на стр. 33, 1-ой части для точки D иррѣменно и къ нахожденію центра окружности Kp_1 .

Приведенныя только что теоретическія соображенія позволяютъ очень скоро и легко построить рабочую діаграмму репульсионнаго мотора для любого угла сдвига щетокъ, сдѣлавъ только обычныя испыта-

нiя короткимъ замыканiемъ и холостымъ ходомъ. Это построение показано на слѣдующемъ примѣрѣ.

Примѣръ. Въ репульсионномъ моторѣ Томсоновскаго типа фирмы Westinhouse въ 6 лощ. силъ щетки были поставлены подъ угломъ $\lambda = 0^\circ$ и при напряженiи въ 34 вольта измѣренъ токъ въ 67,4 ампера и мощность въ 1110 ватта; приведенныя къ нормальному напряженiю данныя будутъ слѣдующiя:

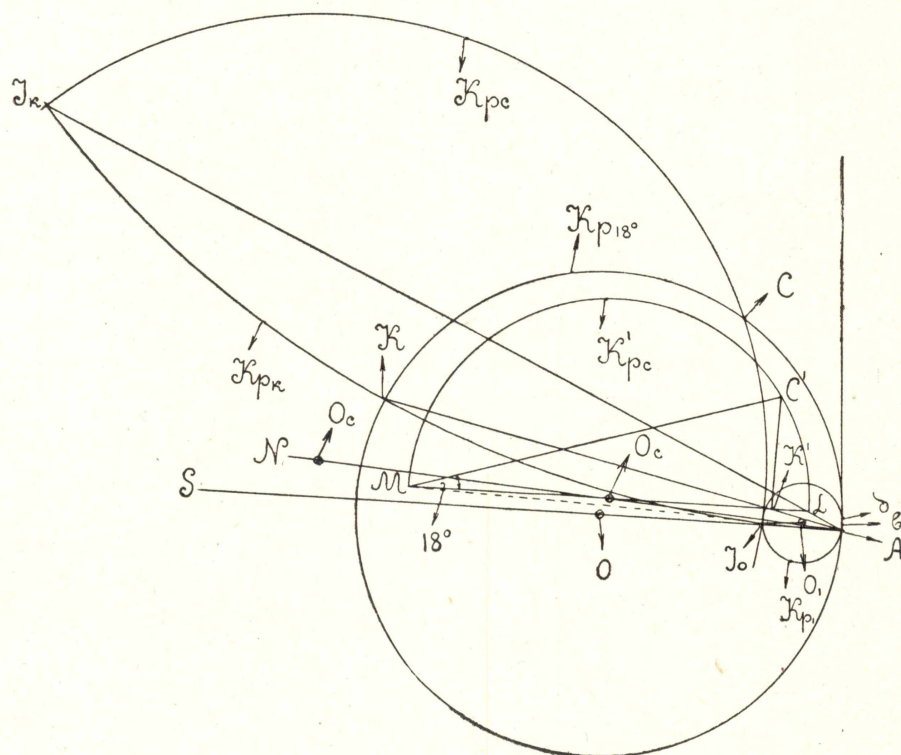
$$P_k = 110, \quad J_k = 218, \quad \cos \varphi_k = 0,484$$

Затѣмъ щетки были подняты и измѣрены

$$P_0 = 110, \quad J_0 = 19 \text{ амп.}, \quad W_0 = 198 \text{ ваттъ}$$

слѣдовательно

$$\cos \varphi_0 = 0,0947.$$



Фиг. 11.

По этимъ даннымъ построены векторы токовъ AJ_k и AJ_0 на диаграммѣ фиг. 11, черезъ точки J_k , J_0 и A проведена окружность Kp_k , обращенiемъ векторовъ AJ_k и AJ_0 получены точки L и M ; на прямой LM , какъ на диаметрѣ, построена окружность Kp'_c , которая обращена въ Kp_c . Изъ A параллельно прямой LM проведена AS — геометрическое мѣсто центровъ рабочихъ диаграммъ при измѣненiи λ . Изъ точки J_0

проведена прямая параллельная оси ординатъ и построенъ кругъ Kp_1 ; если (по форм. 10) вычислить уголъ μ и по нему построить центръ круга Kp_1 , то оказывается, что для даннаго мотора онъ лежитъ на разстоянїи лишь въ 0,05 мм. отъ перваго центра.

Когда, такимъ образомъ, сдѣланы всѣ вспомогательныя построения, мы можемъ получить рабочую діаграмму, на примѣръ для угла $\lambda = 18^\circ$; съ этой цѣлью изъ точки M подъ угломъ въ 18° къ ML проводимъ прямую MC' , до пересѣченїя ея съ окружностью Kp_c' въ точкѣ C' , изъ нея опускаемъ перпендикуляръ на LM и черезъ точку K' проводимъ прямую AK' до встрѣчи ея съ окружностью Kp_k въ точкѣ K . Окружность Kp , проходящая черезъ K и A и имѣющая центръ на линїи AS , представляетъ искомую рабочую діаграмму мотора. Токъ при неподвижномъ роторѣ AK' , изъ этой діаграммы равенъ 114 амп. Точка синхронизма C получается, какъ пересѣченїе окружностей Kp и Kp_c , токъ при синхронизмѣ AC равенъ 56 амп. Точка d , при которой $W_2' = 0$, опредѣляется пересѣченїемъ окружностей Kp и Kp_1 , но такъ какъ это пересѣченїе непосредственно точно очень трудно найти, то примѣнено построенїе, указанное на стр. 33 1-ой части, именно линїя OO_1 , соединяющая центры окружностей Kp и Kp_1 продолжена до пересѣченїя съ окружностью Kp_1 въ точкѣ b и отъ нея отложенъ вверхъ отрѣзокъ bd равный bA , тогда линїя отдаваемой мощности представляется прямой Kd . Линїя вращающаго момента построена, какъ прямая проходящая черезъ A и перпендикулярная къ OO_1 .

3. Опытное изслѣдованїе репульсионнаго мотора.

Рабочая діаграмма построена нами при цѣломъ рядѣ допущенїй отступающихъ отъ дѣйствительности, вслѣдствїе чего характеристики мотора, полученныя изъ нея, какъ это можно ожидать впередъ, отличаются отъ полученныхъ опытнымъ путемъ. Несомнѣнно, что первое мѣсто среди всѣхъ факторовъ, создающихъ это отличїе принадлежитъ реакціи коротко-замкнутой катушки, дѣйствїе которой настолько сильно, что разницу между теоретическими и опытными результатами можно почти всецѣло отнести за счетъ дѣйствїя этой реакціи, въ особенности, если ограничиться только качественной стороною явленїя. Цѣлью настоящаго опытнаго изслѣдованїя, произведеннаго въ электро-технической лабораторїи Томскаго Технологическаго Института, и было получить такїя данныя, которыя можно было бы непосредственно сравнивать съ теоретическими; очевидно, что для этого опытъ долженъ быть поставленъ такъ, чтобъ были исключены потери на тренїе.

Испытанію былъ подвергнутъ репульсионный моторъ Томсоновскаго типа завода Westinhouse.

Его главнѣйшія данныя слѣдующія: 6 л. с., 110—160 вл., 960 об. въ мин., 50 пер., 3 пары полюсовъ.

Статоръ: внутренній діаметръ — 307 мм.,
длина — 120 мм.,
междужелѣзное пространство — 1 мм.,
число гнѣздъ — 72,
число витковъ — 144.

Обмотка статора сплошная, такъ что поле создаваемое имъ треугольное.

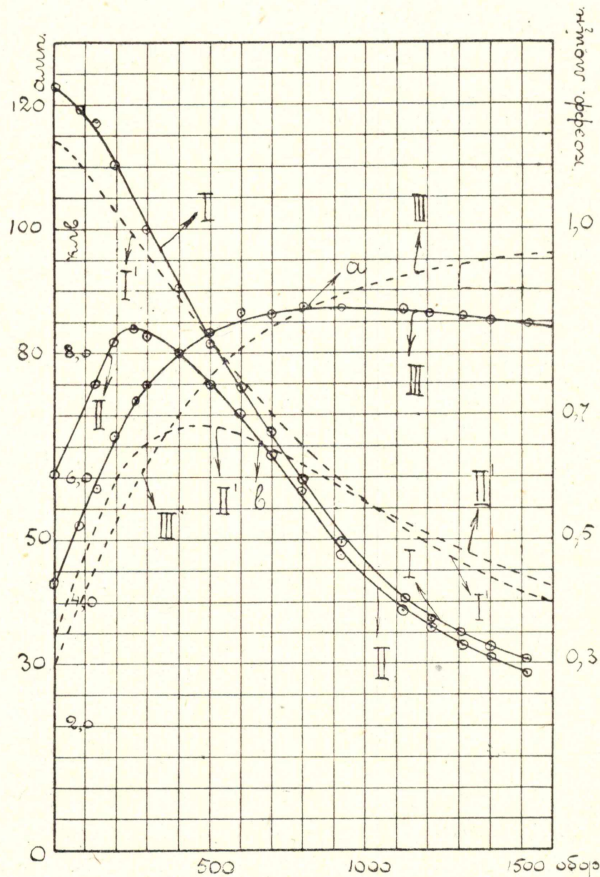
Роторъ: діаметръ — 305 мм.,
число гнѣздъ — 62,
число витковъ — 124.

Коллекторъ: діаметръ — 195 мм.,
длина — 65 мм.,
число пластинъ — 124.

Моторъ былъ присоединенъ къ трансформатору съ переменнымъ числомъ вторичныхъ витковъ, которымъ и регулировалось его напряженіе. Въ цѣпь мотора были включены амперметръ, вольтметръ и ваттметръ и черезъ ременную передачу онъ былъ соединенъ съ динамо-машиной постоянного тока, которая нагружалась ламповыми реостатами. Въ цѣпи динамо-машины были включены также амперметръ, вольтметръ и ваттметръ, а въ индукторной цѣпи ея регулировочный реостатъ и амперметръ. При постоянномъ углѣ сдвига щетокъ $\lambda = 18^\circ$ измѣнялась нагрузка динамо-машины и въ соотвѣтствіи съ ней измѣнялась скорость репульсионнаго мотора; наибольшая скорость, которая была достигнута, равна 1525 об. въ м.; начиная отъ нея и до скорости въ 800 об. включительно напряженіе мотора поддерживалось равнымъ 110 вл., при меньшихъ же скоростяхъ оно понижалось, для того чтобы не допускать токовъ опасныхъ для мотора и инструментовъ. Такимъ образомъ былъ замѣченъ рядъ показаній инструментовъ. Затѣмъ напряженіе репульсионнаго мотора было выключено, а динамо-машина присоединена къ напряженію и измѣряя мощность поглощаемую ей, какъ двигателемъ, за вычетомъ омическихъ потерь, были опредѣлены потери на треніе всего агрегата + желѣзныя потери динамо-машины.

На фиг. 12, представляютъ какъ функцію скорости: кривая I — первичный токъ испытаннаго мотора, кривая II — первичную мощность и кривая III — коэффициентъ мощности, а на фиг. 13, кривая IV — отдаваемую мощность, кривая V — вращающій моментъ и рядъ точекъ обведенныхъ кружками подъ кривою VI' — коэффициентъ полезнаго дѣй-

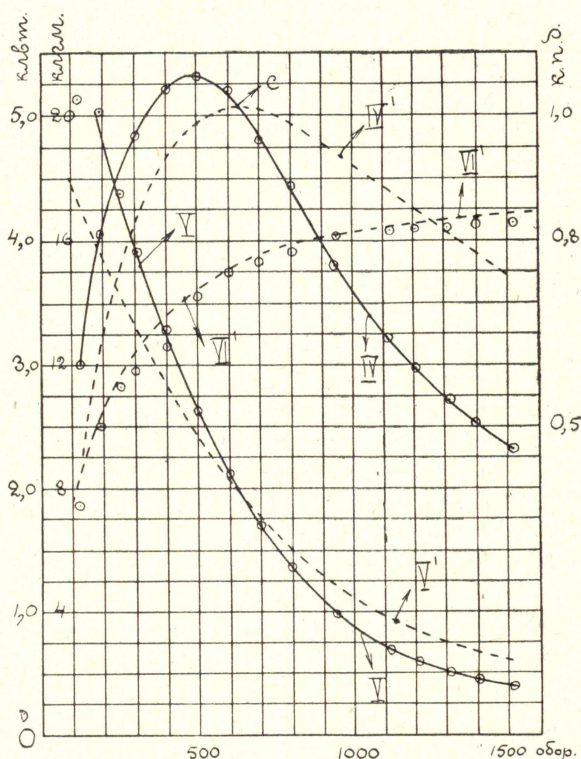
ствія. Все это представляетъ результатъ вышеописаннаго испытанія; токъ и первичная мощность до скорости въ 800 об. непосредственно изъ опыта, а ниже приведенные къ нормальному напряженію, отдаваемая мощность, какъ сумма: наблюденной отдаваемой мощности динамо-машины + омическія потери въ ней + потери на треніе и въ желѣзѣ, ниже 800 об. тоже приведенная къ нормальному напряженію, моментъ, коэффициентъ мощности и коэффициентъ полезнаго дѣйствія—вычисленные. На тѣхъ же фиг. 12 и 13 пунктиромъ нанесены



Фиг. 12. Опытные и теоретическіе: первичный токъ (I, I'), первичная мощность (II, II') и коэффициентъ мощности (III, III') въ функціяхъ скорости.

кривыя тока (I'), первичной мощности (II'), коэффициента мощности (III'), отдаваемой мощности (IV'), момента (V') и коэффициента полезнаго дѣйствія (VI') въ функціи скорости, полученныя изъ рабочей диаграммы для $\lambda = 18^\circ$ (фиг. 1-1). Какъ видно изъ фиг. 12 и 13, опытный коэффициентъ полезнаго дѣйствія на протяженіи всей кривой отличается очень мало отъ теоретическаго, не смотря на то, что опытная первичная и отдаваемая мощности, при скоростяхъ болѣе или менѣе отличающихся отъ синхронной, разнятся сильно отъ теоретическихъ, это объясняется

тѣмъ, что большая часть энергии коротко-замкнутой катушки передается въ первичную цѣпь и только небольшая часть ея теряется въ катушкѣ. Скорость при которой реакція короткозамкнутой катушки производитъ только одно размагничивающее дѣйствіе (опытный коэффициентъ мощности равенъ теоретическому, точка *a* фиг. 12), а также, при которой генераторное дѣйствіе ея переходитъ въ моторное (опытная мощность равна теоретическимъ, точки *b* фиг. 12, и *c* фиг. 13), еще уменьшаются по сравненію съ тѣми, которыя мы получили на стр. 9 изъ діаграммы

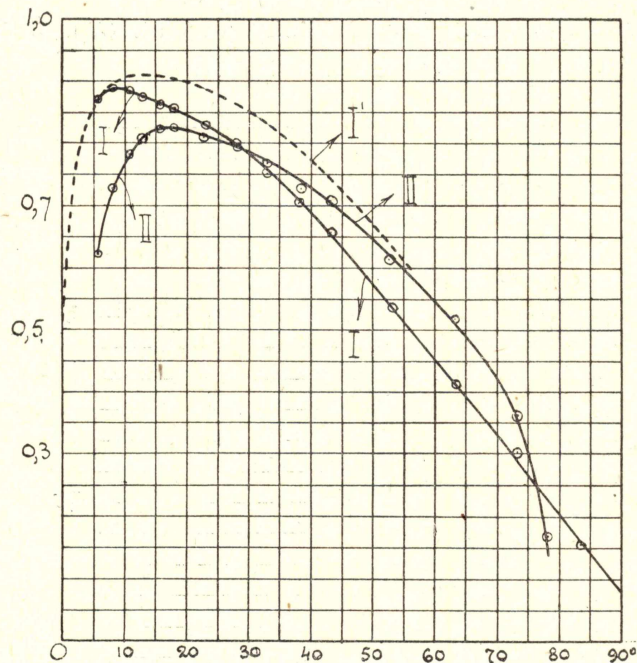


Фиг. 13. Опытные и теоретические: отдаваемая мощность (IV, IV'), вращающій моментъ (V, V') и коэффициентъ полезнаго дѣйствія (VI, VI'), въ функціяхъ скорости.

фиг. 9; это можетъ быть объяснено съ одной стороны насыщеніемъ жельза, а съ другой тѣмъ, что векторъ OE_{nd}'' въ дѣйствительности, вслѣдствіе отличія формы продольнаго поля отъ синусоиды, отстаетъ отъ $O\Phi_{nd}$ на уголъ меньшій π и по величинѣ больше принятыхъ при построеніи діаграммы фиг. 9. Вмѣстѣ съ тѣмъ кривыя фиг. 12 и 13 ясно показываютъ насколько неблагоприятны условія коммутациі даже при скоростяхъ меньшихъ синхронной, не говоря уже о превышающихъ ее. Поэтому съ точки зрѣнія коммутациі нормальное число оборотовъ репульсионнаго мотора должно быть значительно ниже синхроннаго.

На фиг. 14 представлены, кривыя: I—коэффициента мощности, II—коэффициента полезнаго дѣйствія, въ зависимости отъ угла сдвига щетокъ

при синхронизмѣ, полученныя опытнымъ путемъ совершенно такъ же, какъ и кривыя на фиг. 12, 13 и I', (пунктиромъ) — теоретическая — коэффициентъ мощности — изъ ряда діаграммъ. Какъ видно изъ этихъ кривыхъ, опытный коэффициентъ мощности, за исключеніемъ очень малыхъ угловъ сдвига щетокъ, меньше теоретическаго, а его максимумъ подъ вліяніемъ реакціи короткозамкнутой катушки перемѣщается къ



Фиг. 14. Опытные и теоретическіе: коэффициентъ мощности (I, I') и коэффициентъ полезнаго дѣйствія (II) въ функціи угла сдвига щетокъ.

еще меньшимъ угламъ сдвига щетокъ; что же касается коэффициентъ полезнаго дѣйствія, то онъ изъ діаграммъ можетъ быть опредѣленъ болѣе или менѣе точно лишь для угловъ сдвига щетокъ меньшихъ 45° , на этой части кривая его настолько близка къ опытной, что на фиг. 14 не могла быть даже нанесена. Надо однако замѣтить, что нѣсколько точекъ опытной кривой коэффициентъ полезнаго дѣйствія получились немного выше — теоретической, это объясняется неточностью опыта заключающейся въ допущеніи равенства потерь на треніе при нагрузкѣ и холостомъ ходѣ агрегата. Остальныя кривыя; тока, мощностей и момента не приводятся, онѣ въ общемъ сохраняютъ форму теоретическихъ (рис. 23 и 27 1-ой части).

Въ результатъ нашего изслѣдованія мы можемъ сдѣлать слѣдующія заключенія:

1) Рабочая діаграмма репульсионнаго мотора не можетъ имѣть такого значенія, какъ напримѣръ діаграмма асинхроннаго мотора, такъ какъ она не учитываетъ реакціи короткозамкнутой катушки, которая сильно искажаетъ кривыя полученныя изъ діаграммы и представляющія токъ, мощности, моментъ и коэффициентъ мощности въ функціяхъ скорости и угла сдвига щетокъ; однако на кривыя коэффициента полезнаго вліяніе ея невелико.

2) Условія коммутаціи вслѣдствіе большого отличія въ зонѣ коммутаціи формы поперечнаго поля отъ синусоиды въ репульсионныхъ моторахъ крайне неблагоприятны, однако въ этомъ отношеніи по мнѣнію автора возможны нѣкоторыя улучшенія.

3) Наилучше благоприятными въ отношеніи коммутаціи надо считать скорости значительно меньшія синхронной, а наиболее выгодными въ отношеніи коэффициента полезнаго дѣйствія и коэффициента мощности — скорости большія синхронной, поэтому за нормальную скорость мотора приходится выбирать скорость близкую къ синхронной.

4) Наилучше выгодными углами сдвига щетокъ при синхронизмѣ въ смыслѣ коэффициента полезнаго дѣйствія, коэффициента мощности и коммутаціи, какъ это доказано экспериментально и теоретически, надо считать небольшія углы сдвига щетокъ (12° — 22°), въ предѣлахъ которыхъ должна находиться нормальная мощность мотора.

5) Условія коммутаціи требуютъ, чтобы пускъ мотора въ ходъ производился при углахъ сдвига щетокъ бѣльшихъ нормальныхъ.

6) Реакція короткозамкнутой катушки уменьшаетъ по сравненію съ теоретическимъ коэффициентъ мощности при скоростяхъ еще меньшихъ синхронной; улучшеніе условій коммутаціи должно подѣйствовать благоприятно и въ этомъ отношеніи.

Дополненія къ 1-ой части.

Къ § 7, стр. 30.

Приравнивая единицѣ $\cos B_2BB_4$ въ формулѣ, выражающей отноше-
ніе $\frac{AB_2}{AB}$ (на что мы имѣемъ право, такъ какъ $\angle B_2BB_4$ обыкновенно
очень малъ) и подставляя значеніе

$$ab = AB \cdot z_1 y_2$$

(см. стр. 29), получаемъ

$$AB = \frac{AB_2}{1 + z_1 y_2}$$

Произведя подобныя же преобразованія съ выраженіемъ угла B_2AB_4 ,
получаемъ

$$\angle B_2AB_4 = \arcsin \frac{-\cos(\gamma + \psi_1)}{\frac{1}{y_2 z_1} + 1}$$

Къ § 14, стр. 51.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія можно представить въ видѣ

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W_2'}{W_2' + V_c} = \frac{E_2' J_2' \cos \psi_2}{E_2' \cdot J_2' \cos \psi_2 + J_2'^2 \left(r_1 + r_2' + \frac{c_1}{c_2} r_a \right) + J_a^2 (r_1 + r_a)} = \\ &= \frac{E_2' \cos \psi_2}{E_2' \cos \psi_2 + J_2' R_1 + \frac{J_a^2}{J_2'} R_2} \end{aligned}$$

Принимая постоянными E_2' и $\cos \psi_2$, получаемъ условіе для макси-
мума коэффициента полезнаго дѣйствія въ зависимости отъ скорости

$$J_2'^2 R_1 = J_a^2 R_2,$$

изъ котораго мы видимъ, что максимумъ коэффициента полезнаго дѣй-
ствія получается при малыхъ токахъ. Въ дѣйствительности подъ влія-
ніемъ реакціи короткозамкнутой катушки онъ перемѣщается къ боль-
шимъ токамъ.

Максимумъ коэффициента полезнаго дѣйствія при синхронизмѣ въ зависимости отъ угла сдвига щетокъ получается при условіи:

$$\frac{J_a^2 R_2}{J_2'^2} + R_1 + \frac{\partial R_1}{\partial \lambda} \cdot \frac{J_2'}{\frac{\partial J_2'}{\partial \lambda}},$$

или, подставляя значеніе

$$J_2' = \frac{E_2'}{Z_{2v}'},$$

имѣемъ:

$$J_2'^2 R_1 = J_a^2 R_2 + 2E_2'^2 \frac{\frac{\partial R_1}{\partial \lambda}}{\frac{\partial Z_{2v}'^2}{\partial \lambda}} \cong J_a^2 R_2 + 2J_{45}'^2 \cdot (r_2' + r_a), \quad \dots \quad (11)$$

гдѣ J_{45}' — токъ ротора при $\lambda = 45^\circ$. Эта формула показываетъ, что уголъ сдвига щетокъ, при которомъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія достигаетъ максимума, менѣе 45° , такъ какъ r_2' въ репульсионныхъ моторахъ всегда больше, чѣмъ r_1 и что этотъ уголъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше сопротивление ротора и желѣзныя потери. Впрочемъ на форм. (11) слѣдуетъ смотрѣть, какъ на весьма грубое приближеніе къ дѣйствительности.

Кривая коэффициента полезнаго дѣйствія въ функціи угла сдвига щетокъ кромѣ положительнаго имѣетъ еще и отрицательный максимумъ. Проще всего это можно доказать тѣмъ, что при нѣкоторомъ λ , именно при которомъ скорость, опредѣляемая форм. 32 1-ой части равна синхронной, коэффициентъ полезнаго дѣйствія равенъ нулю. Этотъ уголъ сдвига щетокъ близокъ къ 90° и поэтому это явленіе практическаго значенія не имѣетъ.

В. Хрущовъ.

Томскъ
 Май, 1913 г.

Опечатки замѣченныя въ I части.

Страница:	Строка:	Напечатано:	Должно быть:
13	5 снизу	въ числитель форм. 4a пропущено D. 1.	
15	8 снизу форм. 9	$\frac{x_{nd}}{x_{np}} = \frac{c_1}{c_2}$	$\frac{x_{nd}}{x_{np}} = \frac{c_2}{c_1}$
23	4 сверху	$DA' = \frac{1}{2pn R''}$	$DA' = \frac{1}{2pn \rho''}$
„	3 снизу	$\varepsilon = \arctg -$	$\varepsilon = \operatorname{arccctg} -$

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	стр.
1. Коммутация	1
2. Построение рабочихъ диаграммъ по даннымъ опыта	10
3. Опытное исследование репульсионнаго мотора	16
Дополненія къ 1-ой части	22

