

## Къ разсчету однофазныхъ коллекторныхъ двигателей.

При разсчетѣ коллекторныхъ двигателей переменнаго тока кромѣ обычныхъ общихъ—предъявляется еще одно специфическое требованіе, а именно, чтобы электродвижущая сила пульсаціи въ коротко замкнутой катушкѣ во избѣжаніе сильнаго искрообразованія при пускѣ въ ходъ не превосходила опредѣленныхъ величинъ. Это требованіе вызываетъ ограниченіе магнитнаго потока; въ то время какъ въ прочихъ двигателяхъ съ увеличеніемъ ихъ мощности можетъ быть выбранъ соотвѣтственно большимъ и магнитный потокъ, здѣсь это въ силу вышеуказаннаго невозможно. Въ этой то особенноти коллекторныхъ двигателей переменнаго тока и слѣдуетъ искать причину того, что ихъ нельзя строить для неограниченно большихъ мощностей. Уже при разсчетѣ двигателей среднихъ мощностей это затрудненіе даетъ себя знать и именно больше, если двигатель долженъ работать при числѣ оборотовъ близкомъ къ синхронизму, и менѣе, если онъ независимъ отъ синхронизма. Поэтому, напримѣръ, двигатель съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ можетъ быть легче построенъ для большой мощности, чѣмъ репульсионный.

Механическая мощность двигателя въ ваттахъ равна:

$$W_m = I_2 \cdot E_a \cdot \cos \varphi_2 = \frac{p \cdot n}{a \cdot 60} \cdot N \cdot I_2 \frac{\Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \cos \varphi_2 \cdot 10^{-8} =$$

$$4,44 \cdot c_2 \cdot D \cdot AS_2 \cdot \Phi_{\max} \cdot \cos \varphi_2 \cdot 10^{-8} \dots \dots \dots 1)$$

Электродвижущая сила пульсаціи въ короткозамкнутой катушкѣ при пускѣ въ ходъ для одинаковаго потока равна

$$e_k = 4,44 \cdot c_1 \cdot W_k \cdot \Phi_{\max} \cdot 10^{-8} \text{ вл.}$$

Въ этихъ уравненіяхъ обозначаютъ:

- $I_2$ —токъ въ якорѣ,
- $E_a$ —электродвижущую силу вращенія,
- $p$ —число паръ полюсовъ,
- $a$ — „ „ вѣтвей якоря,
- $n$ —число оборотовъ якоря,
- $N$ —число стержней якоря,
- $c_2 = \frac{p \cdot n}{60}$ —число періодовъ вращенія,

$D$ —діаметръ якоря въ см.,

$AS_2 = \frac{N \cdot I_2}{\pi D}$ —линейную нагрузку якоря,

$c_1$ —число періодовъ сѣти,

$w_k$ —наибольшее число послѣдовательно включенныхъ короткозамкнутыхъ витковъ.

Изъ ур. 1 и 2 получается діаметръ якоря

$$D = \frac{c_1}{c_2} \cdot \frac{w_k}{e_k} \cdot \frac{W_m}{AS_2 \cdot \cos \varphi_2} = \frac{I}{U} \cdot \frac{736}{\gamma_m \cdot \cos \varphi_2} \cdot \frac{P}{AS_2} \dots\dots\dots 3)$$

Здѣсь:

$$U = \frac{c_2}{c_1} \cdot \frac{e_k}{w_k},$$

$\gamma_m$ —механическій коэффициентъ полезнаго дѣйствія,

$P$ —мощность въ лошадиныхъ силахъ.

Уравненіе 3 показываетъ, что діаметръ якоря увеличивается съ возрастаніемъ мощности двигателя и уменьшается съ увеличеніемъ  $AS_2$  и  $U$ .

Подставляя въ ур. 2  $\Phi_{\max} = \frac{\pi D}{2p} \cdot \alpha_i \cdot l_i \cdot B_v$  получаемъ:

$$Dl_i = \frac{e_k \cdot 2p \cdot 10^{-8}}{4,44\pi \cdot \alpha_i \cdot c_1 \cdot w_k \cdot B_v} = \frac{e_k \cdot 2 \cdot c_2 \cdot 60 \cdot 10^{-8}}{4,44 \cdot \pi \cdot \alpha_i \cdot c_1 \cdot w_k \cdot B_v \cdot n} = \frac{8,6 \cdot 10^{-8}}{\alpha_i} \cdot \frac{U}{B_v \cdot n} \dots\dots\dots 4)$$

здѣсь:

$l_i$  — идеальная длина якоря,

$\alpha_i$  — коэффициентъ формы поля,

$B_v$  — плотность силовыхъ линій въ воздухѣ.

Изъ уравненія 4 слѣдуетъ, что, если  $U$ ,  $B_v$  и  $n$  неизмѣнены, то произведеніе  $Dl_i$  (независимо отъ мощности) постоянно. А такъ какъ по ур. 3  $D$  съ увеличеніемъ мощности растетъ, то  $l_i$ , слѣдовательно, въ этомъ случаѣ должно уменьшаться.

Вѣсъ лежащей въ активномъ слобѣ мѣди ротора равенъ

$$G'_{м.р} = 8,9 \frac{AS_2 \cdot \pi \cdot D \cdot l_i}{s_a} \cdot 10^{-5},$$

подставляя  $Dl_i$  изъ уравненія 4, получаемъ

$$G'_{м.р} = \frac{240,2}{\alpha_i} \cdot 10 \cdot \frac{3U \cdot AS_2}{B_v \cdot n \cdot s_a}, \dots\dots\dots 5)$$

здѣсь:

$s_a$ —плотность тока на  $1_{мм}^2$

Сѣченіе желѣза зубцовъ на длинѣ  $\alpha_i \tau$

$$b_3 = \frac{\alpha_i \cdot \tau \cdot l_i B_v}{B_3}$$

Сѣченіе гнѣздъ на длинѣ  $\alpha_1 \tau$

$$b_{\text{гн.}} = \alpha_1 l_1 \tau - \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{\alpha_1 l_1 \tau \cdot B_B}{B_3} = \alpha_1 l_1 \tau \left( 1 - \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{B_B}{B_3} \right),$$

$k_2$  — коэффициентъ, учитывающій изоляцію между листами желѣза.

$\tau$  — полюсный шагъ,

$k_1 = \frac{l_i}{l}$  — отношеніе идеальной длины якоря къ дѣйствительной,

$B_3$  — средняя индукція въ зубцахъ.

Высота зубца

$$h_3 = \frac{\alpha_1 \tau \cdot AS_2 \cdot l_i}{f_m \cdot s_a \cdot b_{\text{гн.}}} = \frac{AS_2}{f_m \cdot s_a \cdot \left( 1 - \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{B_B}{B_3} \right)},$$

здѣсь:

$f_m$  — коэффициентъ заполнения мѣди

Вѣсъ желѣза зубцовъ ротора

$$G'_{\text{ж.р.}} = 7,8 \cdot 2 \rho \cdot \frac{b_3 h_3}{\alpha_1} = 7,8 \frac{\pi D \cdot l_i}{B_3} \frac{AS_2 \cdot B_B \cdot 10^{-5}}{f_m \cdot s_a \cdot \left( 1 - \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{B_B}{B_3} \right)} =$$

$$= \frac{210,5 \cdot 10^{-3}}{\alpha_1} \cdot \frac{U \cdot AS_2}{f_m \cdot s_a \cdot \left( B_3 - \frac{k_1}{k_2} B_B \right) \pi} \dots \dots \dots 6)$$

Уравненія 4—6 показываютъ, что размѣры активного слоя непосредственно отъ мощности не зависятъ и могутъ быть измѣнены лишь главнымъ образомъ путемъ измѣненія  $U$ . Но такъ какъ  $U$  не можетъ превосходить опредѣленныхъ значеній, то очевидно, для коллекторныхъ двигателей переменнаго тока въ противоположность другимъ двигателямъ существуетъ граница мощности, выше которой они не могутъ быть построены.

Вѣсъ мѣди и желѣза активного слоя статора можно представить формулами, аналогичными 5 и 6.

Объемъ желѣза статора (безъ зубцовъ)

$$V_{\text{ж.с.}} = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot l = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 l_i}{k_1} (k_3^2 - k_4^2).$$

Подставляя значенія  $D_1$  и  $D$  изъ ур. 3 и 4, получаемъ

$$V_{\text{ж.с.}} = \frac{27 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot \alpha_1 \cdot k_1 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot \frac{W}{\pi \cdot B_B \cdot AS_2} (k_3^2 - k_1^2),$$

здѣсь:

$$k_3 = \frac{D_1}{D} = \frac{D + 2a + h_3}{D}$$

$$k_4 = \frac{D_2}{D} = \frac{D + 2h_3}{D}$$

$D_1, D_2, a$  и  $h_3$  см. фиг. 1.

Такъ какъ

$$a = \frac{\Phi_{\max}}{2k_2 l B_{ac}} = \frac{\alpha_1 \pi k_1 D}{4k_2 p} \cdot \frac{B_B}{B_{ac}},$$

то

$$V_{жс} = \frac{27 \cdot 10^8 \pi}{4k_2 \cos \varphi_2} \cdot \frac{W_m}{p \cdot n \cdot B_{ac} \cdot AS_2} \left( 1 + \frac{\alpha_1 \pi k_1 B_B}{4k_2 p B_{ac}} + \frac{h_{зс}}{D} \right),$$

здѣсь

$B_{ac}$  — индукція въ желѣзѣ статора.

Объемъ желѣза ротора можетъ быть подобнымъ же образомъ представленъ формулой.

$$V_{жр} = \frac{27 \cdot 10^8 \pi}{4 \cdot k_2 \cos \varphi_2} \cdot \frac{W_m}{p \cdot n \cdot B_{ар} \cdot AS_2} \left( 1 - \frac{\alpha_1 \pi k_1 B_B}{4 \cdot k_2 \cdot p} \cdot \frac{h_{зр}}{D} \right).$$

Если  $B_{ac}$  не отличается значительно отъ  $B_{ар}$  и  $h_{зс}$  отъ  $h_{зр}$ , то вѣсь соединительнаго желѣза можетъ быть представленъ формулой:

$$G''_{ж} = \frac{5,52 \cdot 10^5}{k_2 \cos \varphi_2} \cdot \frac{W_m}{c_2 \cdot B_a \cdot AS_2} \dots \dots \dots 7)$$

Эта формула даже при относительно большой разницѣ между  $B_{ac}$  отъ  $B_{ар}$ , а также  $h_{зс}$  и  $h_{зр}$  имѣетъ достаточную точность, такъ какъ сумма двухъ послѣднихъ членовъ въ выраженіяхъ  $V_{жс}$  и  $V_{жр}$  всегда значительно меньше единицы. Форм. 7 показываетъ, что вѣсь соединительнаго желѣза не зависитъ отъ  $U$ . Вѣсь соединительнаго желѣза на силу

$$g''_{ж} = \frac{4,06 \cdot 10^8}{k_2 \cdot \eta_m \cdot \cos \varphi_2} \cdot \frac{1}{c_2 \cdot B_{ac} \cdot AS_2} \dots \dots \dots 7a)$$

онъ не зависитъ непосредственно ни отъ мощнооти ни отъ числа оборотовъ и уменьшается увеличеніемъ  $c_2, B_a$  и  $AS_2$ .

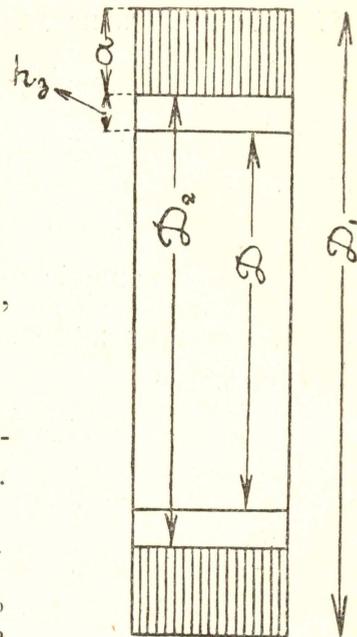
Выраженіе 7a позволяетъ легко опредѣлить процентныя потери въ соединительномъ желѣзѣ и показываетъ, что они отъ мощности непосредственно не зависятъ.

Вѣсь соединительной мѣди ротора равенъ

$$G''_{мр} = 8,9 \frac{AS_2 \cdot l_c}{s_a} \cdot \pi D \cdot 10^{-5} = 43,9 \cdot 10^{-5} k_c \cdot \frac{AS_2 \cdot D^2}{p s_a} = \frac{43,9 \cdot 10^{-5} k_c}{\cos^2 \varphi_2} \cdot \frac{W_m^2}{p \cdot s_a \cdot AS_2 \cdot U^2} \dots \dots \dots 8)$$

гдѣ:

$k_c = \frac{l_c}{\tau}$  — отношеніе длины соединительной части провода къ полюсному дѣленію.



Фиг. .1

Выражение 8 показывает, что вѣсь соединительной мѣди растеть пропорціально квадрату мощности и что уменьшеніе его достигается путемъ увеличенія  $AS_2$  и еще больше  $U$ .

Во всякомъ двигателѣ, въ которомъ матерьялъ хорошо использованъ, отношеніе количества соединительной мѣди къ—лежащей въ активномъ слоѣ не должно превосходить опредѣленной величины. Обозначимъ это отношеніе черезъ  $k_6 = \frac{W_m}{U}$ , тогда

$$\frac{43,9 \cdot 10^{-5} k_c}{\cos^2 \varphi_2} \cdot \frac{W_m^2}{p \cdot s_a \cdot AS_2 \cdot U^2} = k_6 \frac{240,2 \cdot 10^3 U \cdot AS_2}{\alpha_i B_v \cdot n \cdot s_a}$$

$U$ , при которомъ для данныхъ  $W_m$ ,  $AS_2$ ,  $B_v$ ,  $n$ ,  $s_a$  и  $p-k_6$  будетъ имѣть заданное значеніе, опредѣляется изъ формулы:

$$U = 2,546 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{k_c}{k_6} \frac{\alpha_i}{\eta_m^2 \cdot \cos^2 \varphi_2} \cdot \left(\frac{P \cdot n}{AS_2}\right)^2 \cdot \frac{B_c}{c_2}} \dots \dots \dots 9$$

Полный вѣсь мѣди ротора при помощи ур. 9 и 5 представляется формулой.

$$G_{m.p.} = (1+k_6) \frac{80}{s_a} \sqrt[3]{\frac{5}{\cos^2 \varphi_2} \cdot \frac{k_c}{k_6} \left(\frac{\pi W_m}{\alpha_i B_v \cdot n}\right)^2 \frac{AS_2}{p}} \dots \dots \dots 10)$$

Это выраженіе при переменномъ  $k_6$  достигаетъ минимума для  $k_6=0,5$ . Вѣсь мѣди ротора на 1 силу выражается:

$$g_{m.p.} = \frac{6120 (1+k_6)}{s_a} \sqrt[3]{\frac{k_c}{k_6} \frac{AS_2}{P \cdot c_2 n} \left(\frac{1}{\alpha_i \eta_m \cos^2 \varphi_2 B_v}\right)^2} \dots \dots \dots 10a)$$

напримѣръ, при  $P=75$ ,  $n=750$ ,  $AS_2=250$ ,  $B_v=5000$ ,  $\alpha_i=0,8$ ,  $\eta_m \cos^2 \varphi_2=0,95$ ,  $s_a=3$ ,  $k_c=1,5$ ,  $k_6=\frac{k_c}{0,8}$

$$g_{mp}=1,04 \text{ км/силу.}$$

Вѣсь мѣди на силу обратно пропорціоналенъ кубичному корню изъ мощности и числа оборотовъ и можетъ быть уменьшенъ увеличеніемъ  $c_2$  и  $B_v$  и уменьшеніемъ  $AS_2$ .

Какъ показываетъ форм. 7 и 10, вѣсь соединительнаго желѣза убываетъ съ увеличеніемъ  $AS_2$ , а вѣсь мѣди возрастаетъ; подставляя въ ур. 6 значеніе  $U$  изъ 9 можно показать, что вѣсь желѣза активного слоя представляется формулой:

$$g'_ж = \frac{0,88}{f_m (1+k_6) \left(\frac{B_3}{B_v} - \frac{k_1}{k_2}\right)} \cdot g_{mp} \dots \dots \dots 6a)$$

и, слѣдовательно, съ увеличеніемъ  $AS_2$  также возрастаетъ. Поэтому существуетъ нѣкоторое значеніе  $AS_2$ , при которомъ стоимость активного матерьяла двигателя будетъ наименьшей. Путемъ не сложныхъ преобразованій можно найти математическое выраженіе для этого  $AS_2$ , которое показываетъ, что этотъ минимумъ полу-

чается при высоких значеніях  $AS_2$ . Для двигателя въ 100 л.ш. силъ и 750 оборотовъ (при стоимости желѣза 50 коп. за килограммъ и мѣди 2 р. за кил.) получается слѣдующая стоимость активнаго матерьяла  $P_a$  въ зависимости отъ  $AS_2$ .

$AS_2$	200	300	400	500
$P_a$	1399	1330	1313	1320

Какъ изъ этой таблицы видно, минимумъ достигается около  $AS_2=400$  и протекаетъ очень плоско, такъ при  $AS_2=200$  стоимость активнаго матерьяла всего только на 0,65% больше минимальнаго.

Для трехфазныхъ асинхронныхъ двигателей можно вывести формулы, аналогичныя  $6_a$ ,  $7_a$  и  $10_a$  и отличающіяся отъ нихъ лишь коэффициентами. Съ помощью этихъ формулъ можно показать, что для среднихъ мощностей, при одинаковыхъ условіяхъ, въсь соединительнаго желѣза у послѣдовательнаго двигателя приблизительно на 57%, а у репульсионнаго и Latour-Winter Eichberg'a двигателей на 62% болѣе, чѣмъ у асинхроннаго. Въсь же мѣди и желѣза активнаго слоя у послѣдовательнаго двигателя приблизительно на 12, у репульсионнаго на 15% и у W. E. L. двигателя на 35% болѣе, чѣмъ у асинхроннаго. Сила тока въ стержнѣ равна

$$I_a = \frac{\pi \cdot D \cdot AS_2}{N} = \frac{\beta \cdot AS^2}{2z \cdot k_7}, \dots \dots \dots 11)$$

гдѣ:

$\beta$ —ширина пластины коллектора съ изоляціей (коллекторный шагъ),

$z$ —число витковъ въ катушкѣ элемента,

$k_7 = \frac{D_k}{D}$ ,  $D_k$ —діаметръ коллектора.

Сила тока стержня непосредственно отъ мощности не зависитъ. Длина коллектора

$$l_k = k_8 l_{kn} = k_8 \frac{2I_2}{s_u \cdot m \cdot \beta \cdot p_k} = \frac{k_b \cdot 4a \cdot I_a}{s_u \cdot m \cdot \beta \cdot p_k} = \frac{k_8}{k_7} \cdot \frac{2 \cdot AS_2}{z \cdot s_u \cdot m \cdot k_k},$$

гдѣ:

$l_k$ —полная длина коллектора,

$l_{kn}$ —полезная длина коллектора,

$$k_8 = \frac{l^k}{l_{kn}},$$

$s_u$ —плотность тока подъ щеткой на 1 см.,

$m$ —число перекрываемых щеткой пластинъ,  
 $p_b$ —число щеточныхъ рядовъ,

$$k_k = \frac{p_b}{a}.$$

Это выраженіе показываетъ, что длина коллектора не зависитъ непосредственно ни отъ мощности, ни отъ числа оборотовъ.

Поверхность коллектора

$$O_k = \pi D_k \cdot l_k = \frac{2\pi \cdot k_s \cdot AS_2}{z \cdot s_u \cdot m \cdot k_k} \cdot D = \frac{2\pi \cdot k_s}{\cos \varphi_2 \cdot s_u \cdot z \cdot m \cdot k_k} \cdot \frac{W_m}{U}$$

Вѣсъ коллектора

$$G_{кл} = 8 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \frac{\gamma \cdot 2\pi \cdot k_s h_k}{\cos \varphi_2 \cdot s_u \cdot z \cdot m \cdot k_k} \cdot \frac{W_m}{U}, \dots \dots \dots 12)$$

гдѣ:

$\gamma$ —отношеніе ширины пластины къ коллекторному шагу,  
 $h_k$ —высота коллекторной пластины.

Вѣсъ коллектора на 1 силу.

$$g_{кл} = 41,1 \frac{k_s \cdot \gamma}{\cos \varphi_2 \cdot \eta_m} \cdot \frac{1}{s_u \cdot z \cdot m \cdot k_k} \cdot \frac{h_k}{U} \dots \dots \dots 12a)$$

напримѣръ, при  $U=3,5$ ,  $s_u=13$ ,  $z=1$ ,  $m=2$ ,  $k_k=2$ ,  $h_k=3,5$ ,  $k_s=1,25$ ,  
 $\cos \varphi_2 \eta_m=0,92$

$$g_{кл}=0,91.$$

Выраженіе 12<sub>a</sub> показываетъ, что съ точки зрѣнія дешевизны коллектора желательны возможно высокія значенія  $U$  и, слѣдовательно, кака это видно изъ форм. 9, возможно низкія значенія  $AS_2$ .

Электродвижущая сила вращенія ротора  $E_a$  можетъ быть представлена формулой.

$$E_a = U \cdot \frac{K \cdot z}{\pi \cdot \alpha} = U \frac{D_k \cdot z}{\beta \cdot \alpha}, \dots \dots \dots 13)$$

гдѣ

$$K = \frac{N}{2z} \text{число коллекторныхъ пластинъ.}$$

Процентныя потери перехода коллектора равны

$$V_{кл} = \frac{200 \Delta P}{E_a \cdot \cos \varphi_2} = \frac{200 \Delta P}{\cos \varphi_2} \cdot \frac{\beta \cdot a}{U \cdot z \cdot D_k}, \dots \dots \dots 14)$$

гдѣ

$\Delta P$ —паденіе напряженія при переходѣ между щеткой и коллекторомъ.

Уравненія 12 и 13 показываютъ, что для увеличенія электродвижущей силы вращенія ротора и уменьшенія потерь перехода коллектора нужно дѣлать возможно большимъ діаметръ коллектора и возможно меньшими ширину коллекторной пластины и число параллельныхъ вѣтвей якоря.

Изъ ур. 13 и 14 при помощи выраженія 3 получаемъ

$$E_a = k_7 \frac{W_m \cdot z}{AS_2 \cdot \beta \cdot a \cdot \cos \varphi_2} \dots \dots \dots 13)$$

и

$$V_{кл} = \frac{200 \cdot \Delta P}{\cos^2 \varphi_2 \cdot k_7} \cdot \frac{AS_2 \cdot \beta \cdot a}{W_m \cdot z} \dots \dots \dots 14a)$$

Эти уравненія показываютъ, что при неизмѣнныхъ  $k_7$ ,  $AS_2$ ,  $\beta$ ,  $a$  и  $z$  съ увеличеніемъ мощности  $E_a$  растеть, а  $V_{кл}$ —убываетъ. Напримѣръ, при  $P=100$  л. с.,  $n=7500$  об.,  $AS_2=300$ ,  $z=1$ ,  $\beta=0,5$ ,  $k_7=0,8$ ,  $a=4$ ,  $\Delta P=1,3$ ,

$$E_a=102 \text{ и } V_{кл}=2,57\%.$$

Такъ какъ  $a=k \cdot p$ , гдѣ  $k$  нѣкоторый коэффициентъ, то съ увеличеніемъ  $p$ , а слѣдовательно (при данномъ  $n$ )  $c_2$ — $E_a$  убываетъ а  $V_{кл}$  возрастаетъ. При данномъ же  $c_2$  двигатели съ высокимъ числомъ оборотовъ будутъ имѣть большія  $E_a$  и меньшія  $V_{кл}$ .

Подобнымъ же образомъ можно показать, что процентныя потери въ мѣди ротора могутъ быть представлены формулой:

$$V_{м.р} = k_n \frac{54 \cdot 10^6 (1+k_6)}{\alpha} \cdot \frac{U \cdot AS_2 \cdot s_a}{W_m \cdot B_v \cdot n} = k_n \frac{54 \cdot 10^6 (1+k_6)}{\alpha_i} \cdot \frac{s_a \cdot \cos \varphi_2}{D \cdot B_v \cdot n}, \dots \dots 15)$$

гдѣ  $k_n$ —отношеніе сопротивленія при переменномъ токъ къ сопротивленію при постоянномъ. Процентныя потери въ мѣди убываютъ съ увеличеніемъ мощности (обратно пропорціонально диаметру якоря). Напримѣръ, при  $P=100$  л. с.,  $n=750$ ,  $AS_2=300$ ,  $B_v=5000$ ,  $U=4,35$ ,  $s_a=3$ ,  $\alpha_i=0,8$ ,  $k_n=1,15$ ,  $k_6=1,5$ ,

$$V_{м.р}=2,75\%.$$

Какъ показываютъ формулы 13<sub>a</sub>, 14<sub>a</sub> и 15 для полученія большихъ значеній  $E_a$  и малыхъ  $V_{кл}$  и  $V_{м.р}$  линейная нагрузка должна быть возможно меньше.

Теперь можемъ мы сравнить другъ съ другомъ два рода однофазныхъ коллекторныхъ двигателей 1) съ числомъ періодовъ вращенія независимымъ отъ синхронизма, каковъ, напримѣръ, послѣдовательный, 2) съ числомъ оборотовъ близкомъ къ синхронизму, каковы, напримѣръ, репульсионный и Latour-Winter-Eichberg'a двигатели. Отличительное свойство первыхъ это то, что они допускаютъ много большія значенія  $U$ , чѣмъ вторые; это свойство является прежде всего рѣшающимъ въ вопросѣ о границѣ мощности. Уравн. 9 можетъ быть представлено въ видѣ

$$P=246 \cdot \eta_m \cdot \cos \varphi_2 \cdot \frac{AS_2}{n} \sqrt{\frac{k^6}{k_c} \cdot \frac{U \cdot c_2}{\alpha_i B_v}} \dots \dots \dots 16)$$

Для того, чтобы въсь мѣди не былъ слишкомъ великъ  $k_6$ , какъ это показываетъ ур. 10, не должно превосходить опредѣленныхъ значеній; мы примемъ какъ крайнее значеніе  $k_6 = \frac{k_c}{0,8}$ , подставимъ

въ ур. 16  $\eta_m \cos \varphi_2 = 0,95$   $AS_2 = 500$ ,  $n = 250$ ,  $c_2 = 66,67$ ,  $\alpha_1 = 0,8$ ,  $B_v = 6000$ , тогда для двигателей не связанных синхронизмомъ, т. е. при  $U = \frac{c_2}{c_1} \cdot \frac{e_k}{w_k} = 4,5 = 20$ , получимъ пограничную мощность

$$P_{гр} = 5500 \text{ л. с.}$$

и для двигателей связанных синхронизмомъ при  $U = 5$  и  $c_2 = 50$

$$P_{гр} \approx 470 \text{ л. с.},$$

а при  $n = 750$ ,  $AS_2 = 400$ ,  $B_v = 5000$ ,  $c_2 = 50$ ,  $U = 3,5$   $\eta_m \cos \varphi_2 = 0,93$   $\alpha_1 = 0,8$

$$P_{гр} \approx 100 \text{ л. с.}$$

Эти числа не даютъ дѣйствительныхъ практическихъ границъ мощности однофазныхъ коллекторныхъ двигателей, такъ какъ вышеприведенная причина ограниченія ихъ мощности не есть единственная рѣшающая въ этомъ вопросѣ, они показываютъ лишь на то большее различіе въ этомъ отношеніи, которое существуетъ между двигателями, связанными синхронизмомъ и не зависящими отъ него. Съ другой стороны можно въ послѣднихъ при особыхъ условіяхъ посредствомъ уменьшенія  $w_k$  до 1 принимать  $U = 7$ , тогда граница мощности отодвигается еще дальше. Такъ какъ при простой параллельной обмоткѣ ширина щетки въ этихъ условіяхъ равна ширинѣ коллекторной пластины, что съ точки зрѣнія хорошаго контакта не желательно, то прибѣгаютъ для этой цѣли обычно къ двукратной параллельной обмоткѣ (съ  $a = 2 p$ ), что вызываетъ конечно уменьшеніе  $E_a$  и увеличеніе  $V_{кх}$ .

Ур. 16 показываетъ, что пограничная мощность обратно пропорціональна числу оборотовъ мотора, что двигатели съ высокимъ числомъ періодовъ вращенія имѣютъ большую пограничную мощность и что послѣдняя можетъ быть повышена увеличеніемъ линейной нагрузки.

Отношеніе  $\frac{c_2}{c_1}$  въ двигателяхъ, не связанныхъ синхронизмомъ, равно 2—4 въ двигателяхъ же, связанныхъ имъ, оно немного меньше 1, поэтому при данномъ  $U$  число короткозамкнутыхъ витковъ  $w_k$  въ первыхъ можетъ быть въ 2—4 раза болѣе, чѣмъ во вторыхъ. Это обстоятельство позволяетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ получить въ двигателяхъ, независимыхъ отъ синхронизма, меньшій вѣсъ коллектора и меньшія потери его.

Вѣсъ желѣза и мѣди не зависитъ отъ  $U$  и поэтому при одинаковыхъ условіяхъ для всѣхъ коллекторныхъ двигателей приблизительно одинаковъ (разница вызывается лишь различіемъ  $\alpha$  для разныхъ родовъ двигателей). Число періодовъ вращенія дви-

двигателей независящихъ отъ синхронизма обыкновенно близко къ 50, поэтому вѣсъ мѣди и желѣза у двигателей, связанныхъ синхронизмомъ лишь тогда приблизительно равенъ вѣсу отъ него независимыхъ, когда они работаютъ въ сѣти съ высокой периодичностью; въ противномъ случаѣ они и здѣсь уступаютъ послѣднимъ. Если, напримѣръ, дана сѣть съ числомъ периодовъ =25, то послѣдовательный двигатель при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ будетъ имѣть приблизительно на 25% меньшій вѣсъ мѣди и желѣза зубцовъ и въ два раза меньшій вѣсъ соединительнаго желѣза, чѣмъ репульсионный двигатель.

При расчетѣ однофазныхъ коллекторныхъ двигателей авторъ считаетъ наиболѣе удобнымъ итти слѣдующимъ путемъ. По даннымъ  $P$  и  $n$ , выбравъ  $c_2$ , задавшись  $B_p$ ,  $AS_2$ ,  $k_6$  и опредѣливъ  $\alpha_1$ ,  $\cos\varphi_2$ ,  $\gamma_m$  и  $k_c$ , изъ ур. 9 опредѣляемъ  $U$ . Подставляя это значеніе  $U$  въ ур. 3, получаемъ діаметръ якоря и изъ ур. 4 длину. Напр.  $P=80$  л. с.,  $n=750$ , при  $B_p=5000$ ,  $AS_2=250$ ,  $k_6=k_c$ ,  $\alpha_1=0,8$ ,  $(\gamma_m \cdot \cos\varphi_2)^2=0,9$ ,  $c_2=50$

$$U=2.36.10^{-2} \sqrt[3]{\left(\frac{80.750}{250}\right)^2 \frac{5000}{50}}=4,23$$

$$D=58,5 \text{ см. и } l_1=21 \text{ см.}$$

Изъ опредѣленнаго  $U$  по данному  $c_1$  и въ зависимости отъ условій пуска выбраннаго  $e_k$ , получается  $w_k$ , которое опредѣляетъ родъ обмотки. По выбранному діаметру коллектора и ширинѣ коллекторной пластины, получается число коллекторныхъ пластинъ и число стержней якоря. Дальнѣйшій расчетъ идетъ обычнымъ путемъ.

*Вс. Хрущовъ.*

*Томскъ, Августъ 1914 годъ.*

### О П Е Ч А Т К И.

Страница.	Строка	НАПЕЧАТАНО.	НАДО ЧИТАТЬ.
2	12 снизу.	неизмѣнены	неизмѣнны
5	7 сверху.	$k_6 = \frac{1}{l}$	$k_6 = \frac{l_c}{l}$