

МЕТОДИКА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО РАСЧЕТА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В. А. ЖАДАН, Д. И. САННИКОВ, М. А. САННИКОВА

(Представлена научным семинаром кафедр общей электротехники
и электрических машин)

Расчет расхода охлаждающего воздуха по заданным размерам воздухопровода и вентилятора имеет большое значение для проверки правильности выбора этих размеров, для определения коэффициентов теплоотдачи с охлаждаемых поверхностей машины и расчета подогрева воздушного потока при прохождении его через машину.

Существующие универсальные методики вентиляционного расчета во многих случаях дают недопустимо большую погрешность. В частности, при расчете расхода воздуха через машины серии П защищенной конструкции малой мощности получается расхождение с опытными данными в 1,7—2,4 раза. Таким образом, возникает необходимость разработки специальных методик для каждого конструктивного типа машин.

На основании экспериментальных исследований более 50 разновидностей вентиляционных систем, отличающихся как по конструктивным особенностям, так и по размерам, разработано несколько вариантов методики вентиляционного расчета малых машин постоянного тока серии П 1-6 габарита защищенного и закрытого обдуваемого исполнения.

а) Расчет по методу подобия

Как известно, для геометрически подобных вентиляционных систем при достаточно малом сопротивлении трения справедливы соотношения:

$$zL^4 = \text{const}; \quad \frac{H}{L^2 n^2} = \text{const}; \quad \frac{V}{L^3 n} = \text{const};$$

где L — определяющий размер;

n — скорость вращения вентилятора;

H — напор вентилятора;

V — расход воздуха;

z — гидравлическое сопротивление воздухопровода.

Принимая в качестве определяющего размера для электрических машин наружный диаметр станины D_c , выраженный в метрах, получаем:

$$z = C_z \cdot D_c^{-4}; \tag{1}$$

$$H = C_H \cdot D_c^2 \left(\frac{n}{1500} \right)^2; \tag{2}$$

$$V = \sqrt{\frac{H}{z}}; \quad (3)$$

или непосредственно

$$V = C_v \cdot D_c^3 \frac{n}{1500}, \quad (4)$$

Коэффициенты C сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Вентиляционная система	C_v	C_H	C_z
При существующей конструкции защищенных машин			
2-полюсные машины	1,29	41	24,6
4-полюсные машины	1,02	41	38,0
При усовершенствованной конструкции			
1-е усовершенствование: расширение выходного окна до 270° окружности щита;	1,48	55	25
2-е усовершенствование: замена переднего диска вентилятора неподвижной диафрагмой	1,60	84	34
При осуществлении обоих мероприятий	2,00	90	22,5

Точность расчета определяется степенью отклонения размеров машин от строгого подобия. Расхождение с опытными данными составляет до 10 проц. при существующей конструкции и до 25 проц. при усовершенствованной конструкции вентиляционной системы.

б) Расчет по статическому напору вентилятора

На основании опытных данных можно принять, что рабочий напор вентилятора составляет некоторую постоянную часть от теоретического значения его статического напора:

$$H_{ст} = \rho/2 \cdot (u_2^2 - u_1^2) \quad (5)$$

(без учета диффузорного эффекта в междуплопачечных каналах).

Здесь u_2 и u_1 — окружные скорости по наружному и внутреннему диаметру лопаток, ρ — плотность воздуха.

Расчетные и опытные данные	Обозначение	Размерность	П12
Число лопаток	N	—	5
К. п. д. вентилятора	η_{pc}	—	0,185
Рабочий напор	H	кг/м ²	0,95
Гидравлическое сопротивление	z	кг/сек ²	18000
		м ²	
Расчетный расход	V	м ³ /сек	0,0073
Опытный расход	»	»	0,0076
Расхождение	—	%	—4
Расход, рассчитанный по методике [1] (для ПО22—по методике [2])	—	м ³ /сек	0,018
В процентах от опытного значения	—	%	240

Таким образом, рабочий напор

$$H = \eta_{pc} \rho (u_2^2 - u_1^2), \quad (6)$$

где η_{pc} — гидравлический к. п. д., отнесенный к статическому напору.

Для определения к.п.д. защищенных машин найдена эмпирическая формула

$$\eta_{pc} = 0,10 + 0,017N + \Delta\eta, \quad (7)$$

где N — число лопаток вентилятора;

$\Delta\eta$ — повышение к. п. д. в результате усовершенствований: для первого (табл. 1) — 0,10, для второго — 0,34, для обоих — 0,44. Для закрытых обдуваемых машин $\eta_{pc} = 0,80$.

Расчет расхода производится по формуле (3). Гидравлическое сопротивление рассчитывается по методике [1] с погрешностью, не превосходящей 10 проц. Однако следует уточнить, что при расчете сечения камеры вентилятора ([1], стр. 220) следует пользоваться формулой

$$S_s = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_a^2), \quad (8)$$

где D_a — диаметр якоря;

D_o — внутренний диаметр переднего диска вентилятора.

При расчете площади отверстий выходной решетки следует иметь в виду, что в некоторых машинах часть отверстий затеняется расширенным краем переднего диска и поэтому не должна учитываться.

Погрешность расчета расхода по данному методу не превышает 15 проц.

в) Расчет по полному напору вентилятора

Величина внутреннего диаметра вентилятора, как было установлено из опыта, влияет на напор в меньшей степени, чем это следует из формулы (6). В связи с этим предлагается формула

$$H = \eta_{pn} \cdot \rho \cdot u_2^2, \quad (9)$$

где

$$\eta_{pn} = 0,041 + 0,0037N + \Delta\eta' \quad (10)$$

гидравлический к. п. д., отнесенный к полному теоретическому напору. Для закрытых машин $\eta_{pn} = 0,25$.

Повышение к.п.д. в результате усовершенствований составляет соответственно 0,028, 0,093 и 0,132. Расход рассчитывается так же, как

Т а б л и ц а 2

П42	П62	П42 (2-е усовер- шенст.)	П62 (1-е усо- вершен- ствован.)	П32 (оба усовер- шенст.)	П022
12	15	12	15	17	12
0,304	0,355	0,604	0,455	0,83	0,80
4,6	5,1	9,2	7,15	5,8	5,65
5930	1545	5630	1150	3600	6000
0,028	0,058	0,0405	0,079	0,040	0,031
0,0265	0,057	0,037	0,072	0,0405	0,029
+6	+2	+9	+10	-1	+7
0,052	0,106	0,052	0,106	0,046	0,0287
195	185	140	150	115	99

в предыдущем случае. Погрешность расчета находится в пределах ± 10 проц.

Следует отметить, что расчет закрытых обдуваемых машин постоянного тока может также выполняться по методике [2], хотя она разработана для асинхронных двигателей. Погрешность расчета расхода для машин постоянного тока при этом не превосходит 10 проц.

В табл. 2 приведены результаты расчета некоторых машин как при существующей, так и при предлагаемой конструкции. Расчет выполнен по второй разновидности методики. Для сравнения приведены опытные данные и результат расчета расхода по общей методике [1], а для закрытой машины — по методике [2]. Приведенные результаты свидетельствуют о достаточно высокой точности предлагаемой методики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. С. Гурин, М. Н. Курочкин. Проектирование машин постоянного тока, ГЭИ, 1961.
2. В. В. Мальцев, Л. Л. Пантюхов. Вентиляционный расчет закрытых асинхронных двигателей мощностью 0,6 — 100 квт, ВЭП, № 3, 1962.