

## Лабораторная работа

### «Определение мощности вентилятора»

**Цель работы** : Произвести расчет и выбрать мощность двигателя вентилятора в соответствии с заданием.

Мощность (кВт) электродвигателя вентилятора определяют по формуле

$$P = (1,1 \div 1,6) (кВт)$$

где  $Q$  – производительность вентилятора,  $м^3/с$ ;  $H$  – давление, Па;  $\eta_B$  – к.п.д. вентилятора, определяют по каталогу. Однако при отсутствии данных в среднем можно принимать для осевых вентиляторов  $\eta_B = 0,5 \div 0,85$  и для центробежных  $\eta_B = 0,4 \div 0,7$ ;  $\eta_{II}$  – к.п.д. передачи:  $\eta_{II} = 0,92 \div 0,94$  – для клиноременной;  $\eta_{II} = 0,87 \div 0,9$  – для плоскоремной.

#### а) Регулирование задвижкой

$$1. \eta_B = QH / 102P\delta$$

2. Мощность на валу электродвигателя при  $Q=2$   $м^3/сек$

$$P_d = P_H (2/3) (кВт)$$

3. Мощность, потребляемая двигателем при загрузке  $2/3 P_H$

$$P_{\Sigma} = P_d / \eta_1 (кВт)$$

б) Регулирование изменением скорости вращения двигателя. Скорость вращения двигателя при загрузке  $2/3 P_H$

$$n_1 = n_H (2/3) \text{ об/мин}$$

4. Э. д. с. при  $P_H$ , (кВт)  $n_H$ , об/мин и токе якоря  $I_{я}$ , А

$$E_H = U - I_{я}R_{я} (В)$$

5. Э. д. с. При  $n_1$ , об/мин.

$$E_1 = E_H \cdot (n_1/n_H) \text{ В.}$$

6. Момент вращения двигателя при номинальной нагрузке :

$$M_H = 975 (P_H/n_H) (кГ \cdot м)$$

7. Момент двигателя при  $n_1$  :

$$M_1 = M_H (n_1^2/n_H^2), \text{ кГ} \cdot \text{м.}$$

Ток в якоря двигателя параллельного возбуждения пропорционален моменту вращения, поэтому при  $M_1$  :

$$8. I_{я1} = I_{я} (M_1 / M_H), A;$$

$$9. E_1 = U - I_{я} (R_{я} + R_1), (B)$$

10. Величина регулировочного сопротивления

$$R_1 = (U - E_1 - I_{я1} R_{я}) / I_{я1} \text{ (Ом)}$$

11. Потери мощности в сопротивлении

$$\Delta P = I_1^2 R_1, \text{ Вт.}$$

12. Мощность на валу двигателя

$$P_{д} = P_{H} (n_1^3 / n_H^3), \text{ кВт.}$$

13. Мощность, потребляемая двигателем, без регулирования скорости

$$P'_{э} = P_{д} / \eta \text{ кВт.}$$

14. Мощность, потребляемая двигателем, при регулировании скорости

$$P_{э} = P'_{э} + \Delta P_1, \text{ кВт,}$$

1. Подача  $Q = 1,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$

а) *Регулирование подачи воздуха задвижкой.*

$$15. P_{д} = P_{H} (1,5 / 3) \text{ (кВт)}$$

При загрузке  $(1/2) P_{H}$  к.п.д.  $\eta = 0,77$ .

16. Потребляемая мощность

$$P'_{э} = P_{д} / \eta \text{ кВт.}$$

б) *Регулирование изменением скорости вращения двигателя:*

$$n_2 = n_H (1,5/3), \text{ об/мин,}$$

$$17. E_H = U - I_{я} R_{я}$$

$$18. E_1 = E_H \cdot (n_1/n_H)$$

19. Потери мощности в сопротивлении  $\Delta P_2$

20. Мощность на валу двигателя

$$P_{д} = (1/5) P_{H}.$$

21. Потребляемая двигателем мощность без регулирования (при  $\eta = 0,52$ )

**Пример.** Вентилятор с номинальной скоростью  $n_H = 900 \text{ об/мин}$  и производительностью  $Q=3 \text{ м}^3/\text{сек}$  работает с разряжением  $H=55 \text{ мм вод. ст.}$  при номи-

нальной мощности 2,8 кВт. Требуется установить, каким способом экономичней регулировать подачу воздуха в пределах  $1,5 \div 2 \text{ м}^3/\text{сек}$ : а) прикрытием входного отверстия заслонкой или б) изменением скорости вращения двигателя вентилятора, если вентилятор приводится в движение двигателем постоянного тока 2,8 кВт,  $U = 220 \text{ В}$ ; ток якоря  $I_{\text{я}} = 14,2 \text{ А}$ ; сопротивление якоря  $R_{\text{я}} = 0,19 \text{ Ом}$ .

К.п.д. двигателя при различных нагрузках  $P$  составляют:

$P/P_{\text{H}}$	1	2/3	1/2	1/3	1/5
$\eta_{\text{H}}$	0,81	0,79	0,77	0,72	0,52

### Решение.

22. Подача воздуха  $Q = 2 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

а) *Регулирование задвижкой.* Номинальный к.п.д. вентилятора

$$\eta_{\text{в}} = QH / 102 P_{\text{д}} = 3 \cdot 55 / 102 \cdot 2,8 = 0,57$$

Считаем к.п.д. вентилятора в пределах указанных нагрузок неизменным.

Мощность на валу электродвигателя при  $Q = 2 \text{ м}^3/\text{сек}$

$$P_{\text{д}} = 2,8 (2/3) = 1,86 \text{ кВт}$$

Мощность, потребляемая двигателем при нагрузке  $2/3 P_{\text{H}}$

$$P_{\text{э}} = P_{\text{д}} / \eta_1 = 1,86 / 0,79 = 2,35 \text{ кВт}$$

б) *Регулирование изменением скорости вращения двигателя.* Скорость вращения двигателя при нагрузке  $2/3 P_{\text{H}}$

$$n_1 = 900 (2/3) = 600 \text{ об/мин.}$$

Э. д. с. при  $P_{\text{H}}$ ,  $n_{\text{H}} = 900 \text{ об/мин}$  и токе якоря  $14,2 \text{ А}$

$$E_{\text{H}} = U - I_{\text{я}} R_{\text{я}} = 220 - 14,2 \cdot 0,19 = 217 \text{ В.}$$

Э. д. с. При  $n_1 = 600 \text{ об/мин.}$

$$E_1 = E_{\text{H}} \cdot (n_1 / n_{\text{H}}) = 217 \cdot (600 / 900) = 145 \text{ В.}$$

Момент вращения двигателя при номинальной нагрузке 2,8 кВт

$$M_{\text{H}} = 975 (2,8 / 900) = 3,02 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

Момент двигателя при  $n_1 = 600 \text{ об/мин}$

$$M_1 = 3,02 (600^2 / 900^2) = 1,35 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

Ток в якоре двигателя параллельного возбуждения пропорционален моменту вращения, поэтому при  $M_1 = 1,35 \text{ кГ} \cdot \text{м}$

$$I_{я1} = I_{я} (M_1 / M_H) = 14,2 (1,35/3,02) = 6,3 \text{ А};$$

$$E_1 = U - I_{я} (R_{я} + R_1).$$

Величина регулировочного сопротивления

$$R_1 = (U - E_1 - I_{я1}R_{я}) / I_{я1} = (220 - 145 - 6,3 \cdot 0,19) / 6,3 = 11,7 \text{ Ом}.$$

Потери мощности в сопротивлении

$$\Delta P = I_1^2 R_1 = 6,3^2 \cdot 11,7 = 464 \text{ Вт}.$$

Мощность на валу двигателя

$$P_d = P_H (n_1^3 / n_H^3) = 2,8 (600^3 / 900^3) = 0,84 \text{ кВт}.$$

К. п. д. двигателя  $\eta = 0,72$  при  $P = 0,84 \text{ кВт} \approx (1/3) P_H$ . Мощность, потребляемая двигателем, без регулирования скорости

$$P'_э = 0,84 / 0,72 = 1,17 \text{ кВт}.$$

Мощность, потребляемая двигателем, при регулировании скорости

$$P_э = P'_э + \Delta P_1 = 1,17 + 0,46 = 1,63 \text{ кВт},$$

Или на  $[(2,35 - 1,63) / 2,35] 100 \approx 30\%$  меньше, чем при регулировании задвижкой.

23. Подача  $Q = 1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

а) *Регулирование подачи воздуха задвижкой.*

$$P_d = 2,8 (1,5 / 3) = 1,4 \text{ кВт} = (1/2) P_H.$$

При загрузке  $(1/2) P_H$  к.п.д.  $\eta = 0,77$ .

Потребляемая мощность

$$P_э = 1,4 / 0,77 = 1,8 \text{ кВт}.$$

б) *Регулирование изменением скорости вращения двигателя:*

$$n_2 = 900 (1,5/3) = 450 \text{ об/мин},$$

$$E_2 = 217 (450/900) = 108 \text{ В};$$

$$M_2 = 3,02 (450^2/900^2) = 0,76 \text{ кГ} \cdot \text{м},$$

$$I_{я2} = 14,2 (0,76/3,02) = 3,54 \text{ А};$$

$$R_2 = (220 - 108 - 3,54 \cdot 0,19) / 3,54 = 32 \text{ Ом}.$$

Потери мощности в сопротивлении

$$\Delta P_2 = 3,54^2 \cdot 32 = 400 \text{ Вт} = 0,4 \text{ кВт}.$$

Мощность на валу двигателя

$$P_d = 2,8 (450^3/900^3) \approx 0,45 \text{ кВт} = (1/5) P_n.$$

Потребляемая двигателем мощность без регулирования (при  $\eta = 0,52$ )

$P_{\Sigma} = 0,45/0,52 = 0,87 \text{ кВт}$ . Следовательно, потребляемая мощность при регулировании скорости двигателя равна  $0,87+0,4 = 1,27 \text{ кВт}$ , т.е. примерно на 30% меньше, чем при регулировании задвижкой.

Задание на практическую работу

**Цель работы:** Требуется установить способ экономичного регулирования подачи воздуха с данными согласно вариантам:

№ варианта	Номинальная скорость $n_n$ , об/мин	Разряжение $H$ , мм вод.ст	Производительность $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Номинальная мощность, ( $P_n$ ), кВт	Пределы М <sup>3</sup> /сек. (1,5 -2)	ДПТ	Напряжение. В	Ток якоря (Iя), А	Сопротивление якоря, Rя, Ом
1,16	700	56	3	2,6	(1,5 -2)	2,6	220	15	0,18
2,17	500	57	3,5	2,9	(1,5 -2)	2,9	220	16	0,17
3,18	300	54	4	3,1	(1,5 -2)	3,1	220	17	0,2
4,19	600	55	4,5	2,7	(1,5 -2)	2,7	220	14	0,16
5,20	900	56	5	3,5	(1,5 -2)	3,5	220	16	0,17
6,21	350	57	5,5	3,2	(1,5 -2)	3,2	220	18	0,18
7,22	300	55	6	2,9	(1,5 -2)	2,9	220	19	0,13
8,23	650	58	6,5	3,3	(1,5 -2)	3,3	220	20	0,13
9,24	400	57	2	3,6	(1,5 -2)	3,6	220	21	0,14
10,25	550	55	2,5	2,6	18	2,6	220	18	0,18
11,26	700	57	3	2,7	(1,5 -2)	2,7	220	19	0,15
12,27	900	55	3,5	3,1	(1,5 -2)	3,1	220	15	0,18
13,28	650	54	4	2,8	(1,5-2)	2,8	220	17	0,16
14,29	300	56	4,5	3	(1,5-2)	3	220	14	0,13
15,30	700	58	2,5	2,1	(1,5-2)	2,1	220	16	0,14

Литература : Справочное пособие для расчета вентиляторов

