

LISTEN.
THINK.
SOLVE.®

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

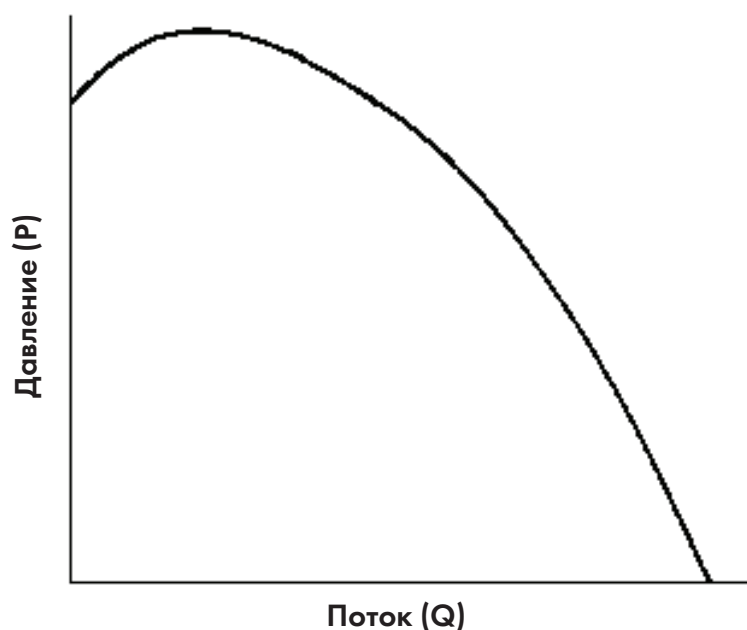
ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Центробежные вентиляторы

Центробежный вентилятор

Вентиляторы обычно проектируются таким образом, чтобы максимально обеспечить потребности системы, в которой они установлены. Очень часто реальные потребности на много ниже расчетной мощности.

Центробежный вентилятор сообщает энергию воздуху при помощи центробежной силы. Ниже представлен график производительности стандартного центробежного вентилятора при заданной скорости.

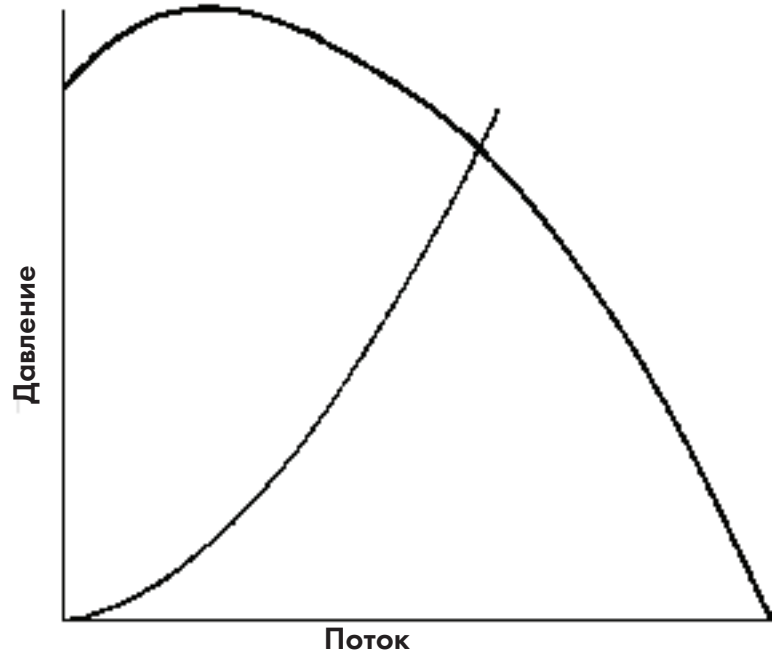


Данная кривая представляет собой график давления на выходе по отношению к потоку воздуха. Характеристики стандартных вентиляторов обычно включают в себя несколько кривых для различных скоростей вентилятора с учетом производительности вентилятора и потребной мощности. Эти характеристики необходимы для оптимального выбора вентилятора для любой системы, а так же для прогнозирования его рабочих параметров при изменении режима.

Способы изменения воздушного потока

- Дискретный режим
- Выходные заслонки
- Поворотные лопатки
- Частотно-регулируемые электроприводы

Характеристика системы показывает ее свойства по отношению к установленному в ней вентилятору. По ней можно судить о том, какое давление должно обеспечиваться вентилятором для преодоления потерь в системе и создания необходимого воздушного потока.



Характеристика системы представляет собой график потребности системы по "нагрузке" независимо от вентилятора. Точка рабочего режима соответствует точке пересечения кривых вентилятора и системы. Значения в этой точке соответствуют реальному давлению и потоку, которые будут на выходе вентилятора при его работе в данной системе. В отсутствие внешних факторов влияния, вентилятор будет работать в этой точке.

Для многих систем требуется работа в различных точках. Для регулирования или изменения потока (или скорости потока) в системе с использованием оптимальных рабочих точек используется несколько способов. Среди них:

- Дискретный режим – Часто используется в бытовых системах отопления и кондиционирования. При этом создается неравномерный поток воздуха, что является неприемлемым для коммерческого или промышленного применения.
- Выходные клапаны – Заслонки или шиберы устанавливаются на выходе вентилятора. Для управления воздушным потоком необходимо их повернуть, что приводит к уменьшению выходного сечения и уменьшению воздушного потока.
- Поворотные входные лопатки – При изменении физических характеристик входа, меняются и характеристики вентилятора, что приводит к изменению воздушного потока.
- Частотно-регулируемые электроприводы – При изменении скорости вращения вентилятора, меняется и его производительность, и создается другой воздушный поток.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Изменение потока, или скорости вращения вентилятора, оказывает влияние либо на характеристики системы, либо вентилятора, что приводит к появлению другой рабочей точки. При этом так же изменяется производительность вентилятора и потребляемая им энергия.

Выходные заслонки

Выходные клапаны изменяют характеристику системы путем увеличения сопротивления воздушному потоку. Характеристика системы может быть описана следующим выражением:

$$P = K \times (Q)^2$$

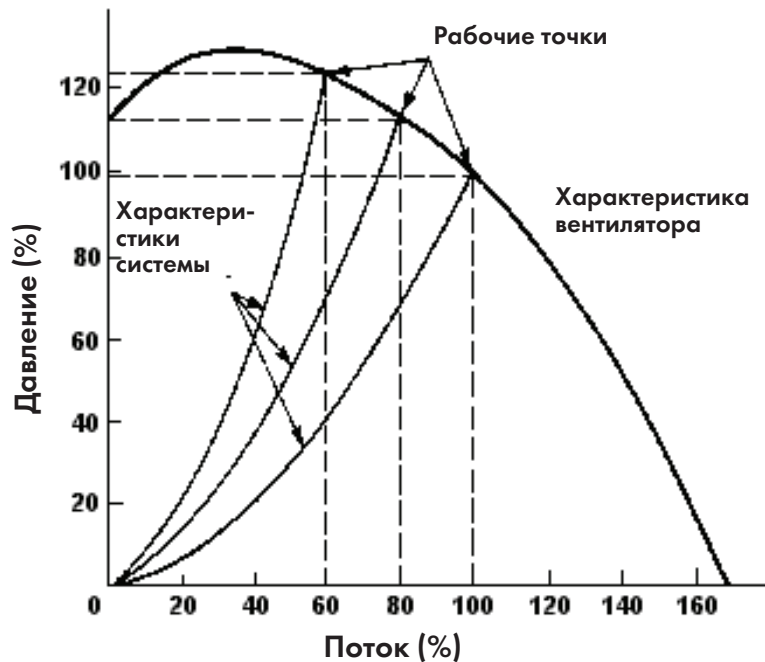
Где:

P – давление, необходимое для создания заданного потока в системе

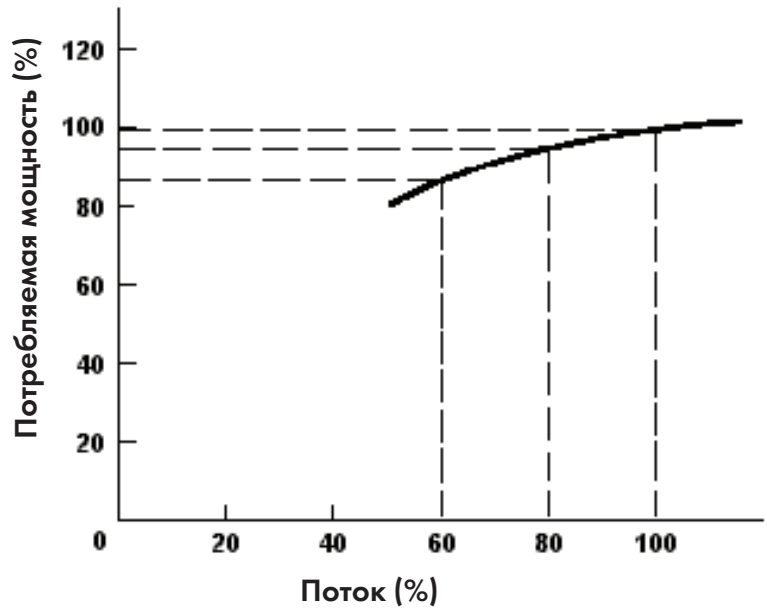
K – сопротивление воздушному потоку

Q – заданный поток

Выходные клапаны влияют на формулу через параметр K. На следующей схеме представлены несколько графиков при различных положениях клапанов.

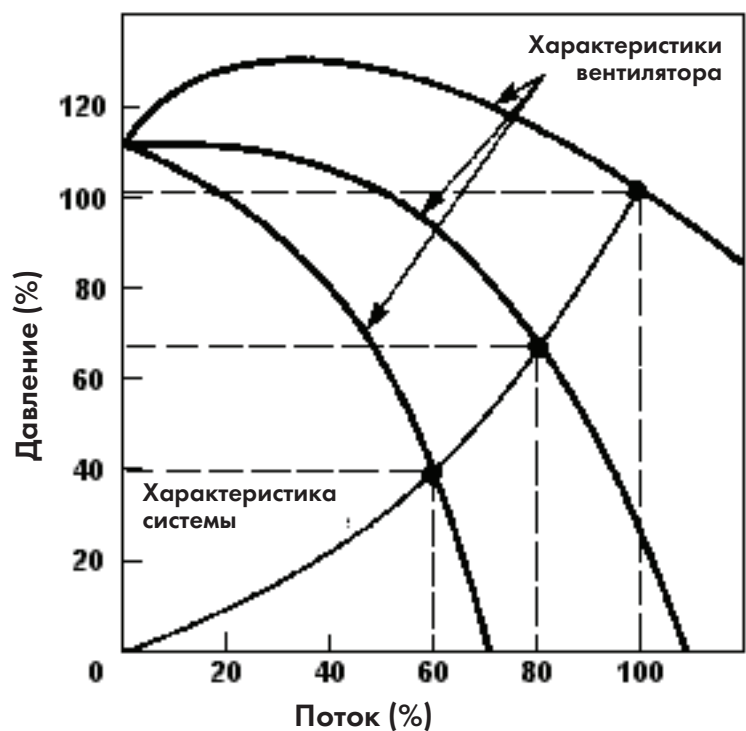


Энергопотребление в системах с таким типом регулирования постепенно снижается по мере уменьшения потока в соответствии со следующей зависимостью.



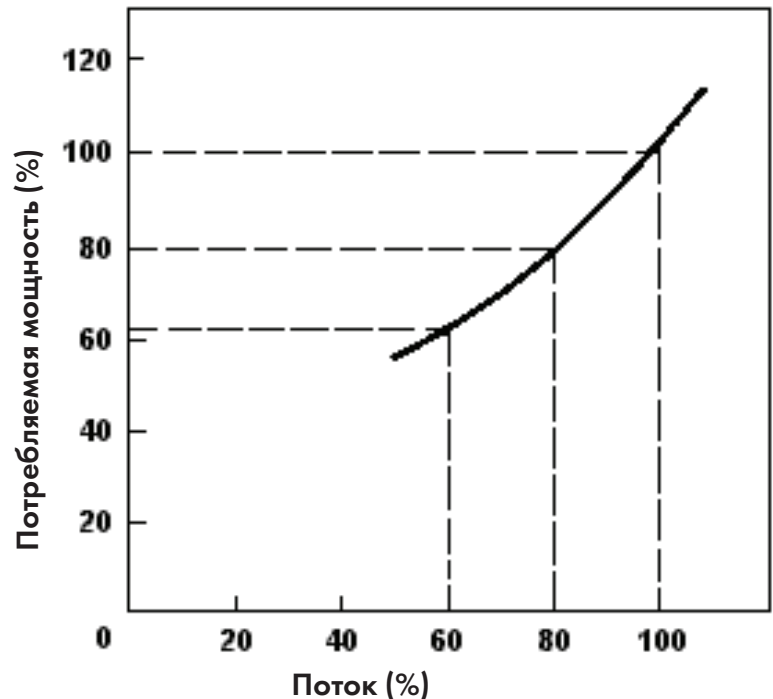
ПОВОРОТНЫЕ ЛОПАТКИ

При использовании этого способа характеристика вентилятора изменяется таким образом, что она пересекает кривую системы в другой точке. Ниже представлены варианты кривой вентилятора для различных установок поворотных лопаток.



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

При использовании этого способа потребляемая мощность снижается по мере уменьшения потока воздуха, но в более значительной степени, чем при использовании выходных клапанов.



ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

Преимущества этого способа заключаются в изменении характеристики вентилятора посредством изменения скорости вращения. Эти изменения могут быть определены при помощи ряда формул под общим названием "законы подобия".

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

Где:

n = Частота вращения вентилятора

Q = Поток

P = Давление

N = Мощность

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Обратите внимание, что при объединении законов распределения потока и распределения давления получилась формула, которая соответствует уравнению кривой системы - $P = K \times (Q)^2$.

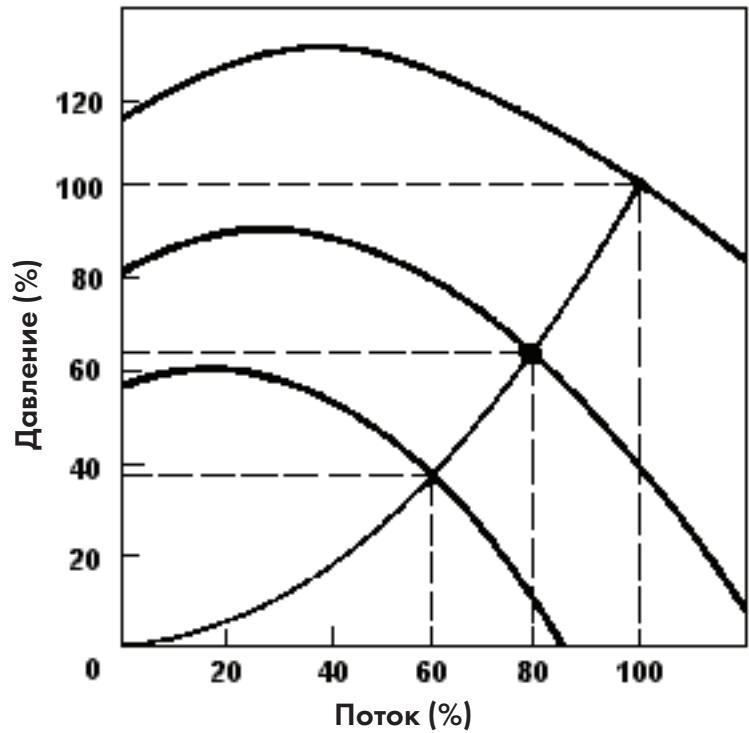
$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

При подстановке $(Q_2/Q_1)^2$ вместо $(n_2/n_1)^2$ результатом первого уравнения будет:

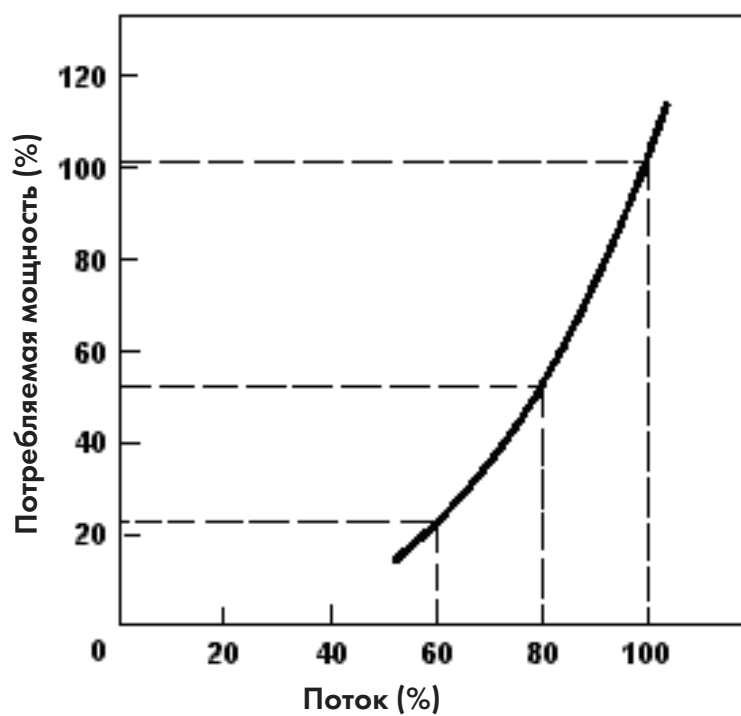
$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \quad \text{или} \quad P_2 = \left(\frac{P_1}{(Q_1)^2}\right) \times (Q_2)^2$$

Величина $P_1/(Q_1)^2$ совпадает с постоянной системы, K . Это означает, что характеристика вентилятора будет следовать за характеристикой системы при изменении скорости вентилятора.



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

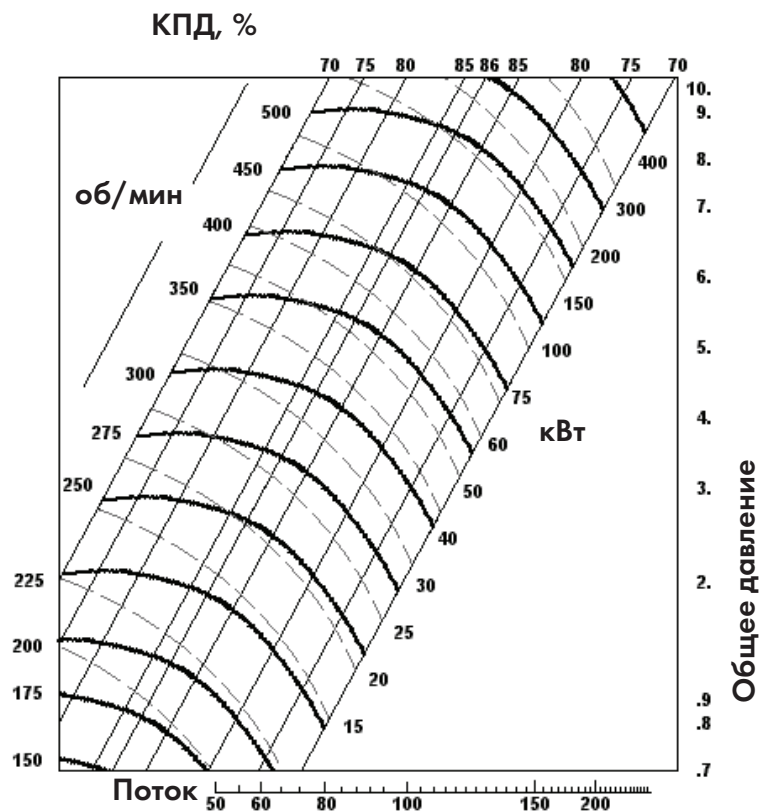
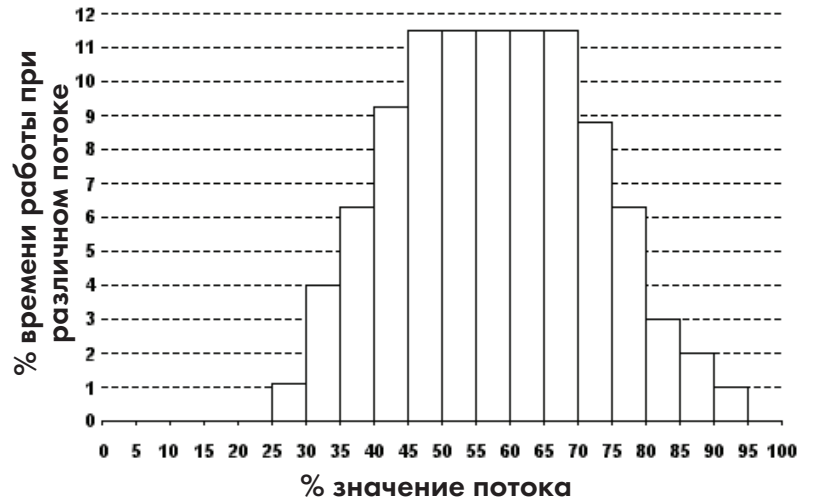
При снижении скорости вентилятора достигается значительное снижение потребляемой мощности.



При использовании данного способа регулирования можно управлять потоком при полном соответствии с кривыми системы или нагрузки. При этом вентилятор будет обеспечивать необходимый режим, потребляя минимум электроэнергии.

Экономия энергии при использовании вентилятора

Для каждого из вышеперечисленных способов можно оценить потребление энергии и соответствующие расходы, связанные с их применением. Для того чтобы это сделать, необходимо представить диаграмму реальной нагрузки и кривую вентилятора в следующем виде.



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

В качестве примера, ниже представлен несложный анализ на основе сравнения способа регулирования скорости и способа с использованием заслонки.

Если использовать характеристики вентилятора, представленные выше, можно предположить, что выбран режим работы вентилятора при 300 оборотах в минуту и 100% скорости потока, что соответствует 100 м³/ч, что отображено на следующей схеме. Предположите, что используется следующая диаграмма нагрузки.

Поток	Рабочий цикл (% времени)
100%	10%
80%	40%
60%	40%
40%	10%

Для каждой рабочей точки с использованием кривой вентилятора можно получить значение потребляемой мощности. Эта мощность умножается на процент рабочего времени (разделенный на 100), в течение которого вентилятор работает в этом режиме. После этого результаты вычислений складываются с целью получения удельной мощности, которая представляет собой среднее потребление энергии вентилятором.

Способ с использованием выходных клапанов

Поток, %	Длительность режима, %	Мощность, кВт	Удельная мощность
100	10	35	3,5
80	40	35	14,0
60	40	31	12,4
40	10	27	2,7
		Всего	32,6

Такие же вычисления нужно производить для получения удельной мощности для работы с различной скоростью. Однако одной лишь номинальной характеристики вентилятора невозможно узнать все значения мощности для нужных рабочих точек. Для решения этой проблемы можно воспользоваться формулами законов подобия.

Первая точка вычисляется с использованием номинальной характеристики вентилятора. 100% поток равняется 100% скорости равняется 35 кВт. Можно подставить формулу $Q_2/Q_1 = n_2/n_1$ в уравнение мощности,

$N_2/N_1 = (n_2/n_1)^3$, тогда результатом вычисления будет:

$$\frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3$$

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

При $Q_1 = 100\%$ и $N_1 = 35$ кВт, Q_2 и N_2 принимают следующие значения:

$$Q_2 = 80\%$$

$$\frac{N_2}{35} = \left(\frac{80}{100}\right)^3$$

$$N_2 = 18$$

Теперь имеется достаточно информации для вычисления удельной мощности.

Поток, %	Длительность режима, %	Мощность, кВт	Удельная мощность
100	10	35	3,5
80	40	18	7,2
60	40	7,56	3,024
40	10	2,24	0,224
		Всего	13,948

Сравнение двух способов управления показывает различия в потребляемой мощности. Для того чтобы получить экономическое значение этой разницы, необходимо знать количество сэкономленных киловатт в час.

Для вычисления этого количества нужно умножить сумму удельной мощности за цикл (в данном случае месяц) на количество часов, в течение которых вентилятор будет работать в рассматриваемый период времени. Полученный результат будет соответствовать количеству сэкономленных киловатт в час за месяц.

	Дросселирование	Регулирование скорости
Удельная мощность, кВт	32,6	13,948
X часов в месяц	730	730
= кВт в час за месяц	17753	7596
X стоимость кВтч	2 рубля	2 рубля
= Общая стоимость	35506 рублей	15192 рубля

Данный пример демонстрирует экономию более 20 тысяч рублей в месяц при помощи использования способа регулирования скорости вращения. Обратите внимание, что данный пример упрощен, в нем не учитывается КПД двигателя и электропривода, который поддерживается на оптимальном уровне при частотном регулировании скорости вращения, в отличие от ухудшающихся показателей электропривода при дросселировании потока.

www.rockwellautomation.com

Power, Control and Information Solutions Headquarters

Россия и СНГ: Rockwell Automation BV, 115054, Москва, Большой Строченовский пер., 22/25, офис 402, Тел. +7 (495) 956-0464, факс +7 (495) 956-0469

США: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Тел.: (1) 414 382 2000, Факс: (1) 414 382 4444

Европа/Ближний Восток/Африка: Rockwell Automation SA/NV, Vorstlaan/Boulevard du Souverain 36-BP 3A/B, 1170 Brussels, Belgium, Тел.: (32) 2 663 0600, Факс: (32) 2 663 0640

Тихоокеанский регион: Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, Тел.: (852) 2887 4788, Факс: (852) 2508 1846

Публикация DRIVES-WP009C-RU-P - Март 2007

Замещает публикацию DRIVES-WP009B-RU-P - Май 2006

Авторское право ©2008 Rockwell Automation, Inc. Все права защищены. Отпечатано в США.