

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

¹Вильданов Р.Г., ¹Вагапов М.Р., ¹Фарваев И.Р.

¹Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салават, Россия (453250, Республика Башкортостан, г. Салават, ул. Губкина, 22Б), e-mail: vagapov89@mail.ru

Рассмотрены различные системы вентиляции, позволяющие повысить качество воздуха без увеличения энергопотребления или добиться экономии энергии без снижения качества воздуха. Обсуждаются основные направления уменьшения расхода электроэнергии, потребляемой вентиляторными установками. Для варианта с регулированием работы вентиляторных установок с использованием частотных преобразователей приводится функциональная схема регулирования расхода воздуха. Рассмотрено повышение КПД вентиляторных установок путем замены устаревших малопроизводительных вентиляторных установок вентиляторами с высоким КПД. Показано, что сокращение потерь электроэнергии в системах электроснабжения вентиляторов вносит значительный вклад в энергосбережение. Для варианта снижения потребления реактивной мощности электродвигателем вентилятора определена реактивная мощность асинхронного двигателя вентилятора при номинальной нагрузке и при нагрузке, составляющей 50% от номинальной. Предпосылками для энергосбережения в системах промышленной вентиляции могут быть корректный выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха при проектировании систем, правильное размещение воздухозаборных устройств, очистка приточного воздуха, эффективное воздухораспределение в помещениях, утилизация теплоты удаляемого воздуха, регулирование производительности систем вентиляции в зависимости от качества воздуха.

Ключевые слова: регулирование производительности, сбережение энергии, потери активной мощности, номинальная нагрузка, асинхронный двигатель.

DEVELOPMENT OF MEASURES FOR ENERGY CONSERVATION IN INDUSTRIAL VENTILATION SYSTEMS

¹Vildanov R.G., ¹Vagapov M.R., ¹Farvaev I.R.

¹Salavat Branch of "Ufa State Petroleum Technical University", Russia (453250, Republic of Bashkortostan, Salavat, Gubkin Str., 22b), e-mail: vagapov89@mail.ru

Various ventilation systems that improve air quality without increasing power consumption or energy savings without reducing the quality of air. The main directions of reducing the amount of electricity consumed fan installation. For the option of controlling the operation of fan systems using frequency converters provides a functional diagram of the control of air flow. Considered increase efficiency fan installations by replacing obsolete unproductive fan installations fans with high efficiency. It is shown that the reduction of power losses in power systems fan makes a significant contribution to energy saving. For options to reduce reactive power consumption of the fan motor is defined reactive power asynchronous fan motor at rated load and under a load of 50% of the nominal. Prerequisites for energy saving in the industrial ventilation systems may be correct choice of the design parameters of indoor and outdoor air system design, proper placement of the air sampling devices, air supply, efficient air distribution in rooms, heat recovery exhaust air flow regulation of ventilation depending on the quality of air.

Keywords: capacity control, energy saving, active power losses, rated load, the induction motor.

Вентиляция помещений – обязательное требование для создания благополучного микроклимата в любом из них. Вентиляция производственных помещений необходима потому, что практически любое производство влечет за собой выделение вредных для человека элементов, испарений и газов. Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и

подачей в него свежего воздуха. Требования обеспечения высокого качества воздуха и энергосбережения часто кажутся противоречивыми, но это далеко не так. Существуют различные способы существенного снижения энергозатрат и одновременного улучшения качества воздуха.

Основные направления уменьшения расхода электроэнергии, потребляемой вентиляторными установками:

1) регулирование работы вентиляторных установок. Наиболее перспективными в настоящее время являются системы частотного регулирования скорости вращения электродвигателей вентиляторов, позволяющие существенно сократить потребляемую электроэнергию.

Основным способом сбережения энергии, потребляемой электроприводами с синхронными и асинхронными электродвигателями, является совершенствование процедуры выбора электродвигателей и вентиляторов для конкретных установок. Электродвигатели заниженной мощности быстро выходят из строя. Более распространены случаи, когда двигатели имеют завышенную мощность и преобразуют энергию неэффективно с высокими потерями в самом электродвигателе (низкий КПД) и в подводящих линиях (низкая эффективность передачи энергии, плохой $\cos \phi$ для асинхронных двигателей). В технической литературе рекомендуется обязательно заменять двигатель загруженный менее чем на 50 % и проводить углубленные исследования для принятия решения при загрузке двигателя на (50-70) % [2]. Снижение электрических нагрузок в вентиляционных установках в основном определяется автоматизацией их работы в зависимости от режима[3].

Наиболее перспективным с этой точки зрения является модернизация электрической части вентиляторных установок и в первую очередь внедрение тиристорных преобразователей частоты для управления расходом вентиляторных установок.

Система автоматического управления работой вентиляторов в зависимости от концентрации вредных примесей в воздухе позволяет снизить общее потребление электрической энергии. В момент прямого пуска вентилятора на его валу возникает большой динамический момент, что приводит к значительным механическим перегрузкам вала. Поэтому вентиляторные установки работают постоянно с минимальным количеством пусков и остановов, а регулирование ее производительности осуществляется заслонками на стороне нагнетания. При этом КПД вентиляторной установки снижается пропорционально регулированию производительности. Все вышесказанное приводит к существенному энергопотреблению и созданию не оптимальных режимов работы.

Применение частотно-регулируемого электропривода позволяет плавно с требуемым темпом разгона запускать вентилятор. А возможность работы электропривода в замкнутой

системе управления по сигналам обратной связи (газоанализатор) делает возможным регулирование частоты вращения вентилятора (регулирование его производительности) по необходимости. Такая оптимизация приводит к уменьшению энергопотребления, увеличению межремонтных циклов технологического оборудования, уменьшению количества дежурного персонала.

Значительное количество электроэнергии, расходуемой электроприводами в промышленности, приходится на вентиляторы. Наиболее современным способом регулирования производительности вентиляторов является регулирование с помощью преобразователей частоты. В случае применения преобразователя частоты осуществляется поддержание концентрации вредных примесей в воздухе производственных помещений.

При малых расходах вентилятор вращается на малой скорости, обеспечивая поддержание номинального расхода и не тратя лишней энергии. При этом механические нагрузки на подшипники и валы становятся меньше, что увеличивает время эксплуатации и сокращает вынужденные простои. Невысокий пусковой ток также уменьшает механические и тепловые нагрузки и отрицательное влияние пускового тока на систему электроснабжения. Таким образом, экономятся электроэнергия и ресурс оборудования. В то же время эти факторы вносят существенный вклад в высокую надежность и максимальную работоспособность вентиляторных установок.

Вентиляторы работают в переменном режиме в зависимости от содержания вредных примесей в воздухе производственных помещений. Рациональное регулирование работы вентиляторных установок обеспечивает значительную экономию электроэнергии.

Более эффективным является способ регулирования производительности вентиляторных установок путем изменения скорости вращения их рабочего колеса. Эффективность данного способа регулирования производительности достигается за счет того, что уменьшение скорости вращения рабочего колеса приводит к одновременному уменьшению его производительности и напора на нагнетании. Коэффициент полезного действия вентилятора при этом остается постоянным и равным его значению при номинальной скорости вращения.

Даже без учета изменения КПД электродвигателя регулирование скорости вращения рабочего колеса приводит к снижению потребления электроэнергии [5].

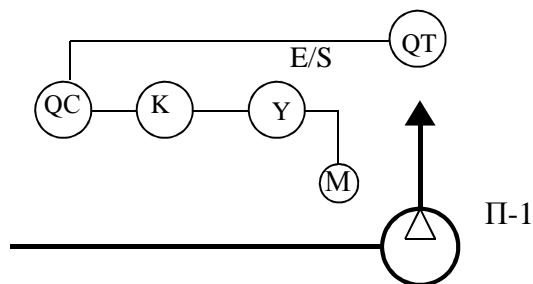
Годовая экономия электроэнергии при внедрении регулируемого электропривода равна [3]

$$\Delta \mathcal{E}_r = \sum_{i=1}^k (P_{zi} - P_{\Delta i}) t_i, \quad (1)$$

где k — число ступеней упорядоченной диаграммы изменения производительности насосной установки в течение года;

P_{zi} , $P_{эi}$ — мощности, потребляемые электроприводом из сети на i -й ступени при регулировании производительности насоса задвижкой и электроприводом; t_i — продолжительность i -й ступени.

Для вентиляторов систем промышленной вентиляции представляется функциональная схема регулирования расхода воздуха по упрощенному варианту, изображенному на рис.1.



QT – датчик расхода; QC – регулятор расхода; K – станция управления;

Y – управляемый преобразователь; M – электродвигатель.

Рис. 1. Упрощенная функциональная схема автоматизации вентиляторной установки

Для слежения за протеканием процесса вентиляции и поддержанием содержания вредных примесей в определенных пределах необходимо иметь современные надежные средства контроля и регулирования. В регуляторе расхода QC могут быть использованы статистические методы регулирования или контрольные карты [2,4].

2) повышение КПД вентиляторных установок путем замены устаревших малопроизводительных вентиляторных установок вентиляторами с высоким КПД

$$\Delta \mathcal{E} = 0,00272 NQT / \eta_d (\eta_{nc} - \eta_{nn}), \quad (2)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ — экономия электроэнергии, кВт-ч;

η_{nc} , η_{nn} — КПД старого и нового вентилятора соответственно;

3) сокращение потерь электроэнергии в системах электроснабжения вентиляторов. Известно, что АД работает с лучшими энергетическими показателями при коэффициенте загрузки, равном 0,75 – 1,0 своей номинальной мощности [3].

Как потребители электроэнергии системы промышленной вентиляции содержат большое количество электроприемников с трехфазным напряжением 380 В (электропривод вентиляторов) и при этом можно рассматривать как основной метод сокращения потерь электроэнергии в системах электроснабжения:

- уменьшение потерь активной мощности в электрических сетях системы электроснабжения.

4) снижение потребления реактивной мощности электродвигателем вентилятора. Реактивная мощность, потребляемая промышленным предприятием, распределяется между его отдельными видами электроприемников следующим образом — 65% приходится на АД [3].

Например, определим реактивную мощность АД вентилятора при номинальной нагрузке и при нагрузке, составляющей 50% номинальной.

Асинхронный двигатель мощностью $P_{д.ном.} = 17$ кВт с $n_c = 1500$ об/мин, $U_{ном} = 380$ В, $\cos\phi_d=0,89$, при нагрузке 100%, $\eta_d = 89$ % и $\text{tg } \phi = 0,512$.

$$\Delta Q_{д1,0} = \frac{P_{д.ном.} \text{tg}\phi}{\eta_d} = \frac{17 \cdot 0,512}{0,89} = 9,8 \text{квар}. \quad (3)$$

Ток холостого хода I_x найден опытным путем и равен $I_x=8,5$ А;

$$\Delta Q_x = \sqrt{3} I_x U_{ном} \cdot 10^{-3} = 1,73 \cdot 8,5 \cdot 380 \cdot 10^{-3} = 5,6 \text{квар};$$

$$\Delta Q_k = \Delta Q_{д1,0} - \Delta Q_x = 9,8 - 5,6 = 4,2 \text{квар};$$

$$\Delta Q_{д0,5} = \Delta Q_x + k_3^2 \Delta Q_k = 5,6 + 0,25 \cdot 4,2 = 6,65 \text{квар}.$$

При передаче потребителям активной P и реактивной Q мощностей в системе электроснабжения имеют место потери активной мощности:

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + \Delta P_p, \quad (4)$$

где ΔP_a и ΔP_p – потери активной мощности при передаче активной и реактивной мощностей соответственно.

Кроме этого, передача реактивной мощности по сети снижает пропускную способность всех элементов системы электроснабжения. Представляет интерес регулирование мощности компенсаторов реактивной мощности обработкой информации об энергопотреблении на основе нейронных сетей [1].

Как видно из (4), потери активной мощности пропорциональны квадрату реактивной мощности и при снижении реактивной мощности эти потери уменьшаются.

Снизить потребление реактивной мощности можно переключением статорных обмоток АД напряжением до 1 кВ с треугольника на звезду, если их загрузка составляет менее 40% [3].

В случае невозможности замены малозагруженного АД целесообразным может оказаться снижение напряжения на его зажимах до допустимого минимального значения, что приводит к уменьшению потребления АД реактивной мощности за счет тока намагничивания. При этом увеличивается КПД двигателя. Снизить напряжение у малозагруженного двигателя можно следующими способами:

- переключением статорной обмотки с треугольника на звезду;
- переключением ответвлений цехового трансформатора [1].

Выводы

- снижение потребления реактивной мощности электродвигателем вентилятора является определяющим фактором, так как 65% реактивной мощности, потребляемой промышленным предприятием, приходится на АД;
- снизить потребление реактивной мощности можно переключением статорных обмоток АД напряжением до 1 кВ с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 40%.
- в случае применения преобразователя частоты кроме экономии электроэнергии осуществляется поддержание концентрации вредных примесей в воздухе производственных помещений.

Список литературы

1. Вильданов Р.Г., Исхаков Р.Р. Обработка диагностической информации на основе нейронных сетей // Международный научно-исследовательский журнал.- 2013. № 12-1 (19). - С. 94-95.
2. Вильданов Р.Г., Капустин Г.В. Применение статистических методов для регулирования производства пропилена // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / редкол.: В.А. Шабанов и др.– Уфа: УГНТУ, Мир печати.- 2014. – С.188-190.
3. Киреева Э.А., Юнес Т., Айюби М. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 320 с.
4. Лукьянцев М.А., Капустин Г.В., Вильданов Р.Г. Применение контрольный карт в системе управления установки по получению полиэтилена высокой плотности // Международный научно-исследовательский журнал.- 2013. № 3-1 (10). - С. 59-61.
5. Родин А.К. Вентиляция производственных зданий. – Саратов: Саратовский государственный технический университет. 1997. – 121 с.

Рецензенты:

Баширов М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ЭАПФ филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Салават;

Жирнов Б.С., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой ХТП филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Салават.