

УДК 621.31

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНЫХ КАЛОРИФЕРНЫХ УСТАНОВОК

**Андросова А.С., Волотковская Н.С.**

*Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном, Мирный, e-mail: androsova.anastas.semen@mail.ru*

В данной статье рассмотрена методика определения рационального режима работы электропривода калориферных и вентиляторных установок для обеспечения заданной температуры и нужного объема исходящего воздушного потока. Определены системы автоматического управления угловой скоростью воздуходувок в калориферных системах отопления и вентиляторных установках. Проанализированы режимы работы вентиляторных установок для определения основных технологических параметров, необходимых для проектирования систем автоматического управления этих установок, к которым относятся: наибольшая подача вентилятора за расчетный период, наименьшая подача за расчетный период, необходимое давление, соответствующее наибольшей и наименьшей подаче, средний диапазон колебаний подачи или давления. Предложены следующие способы регулирования: дросселирование воздушного потока на всасывающей линии установки с помощью заслонок и задвижек, закручивание входящего в рабочее колесо воздуха с помощью специальных направляющих аппаратов, диффузоров и прочих устройств, ступенчатое регулирование частоты вращения рабочего колеса механическим или электромашинным способом, плавное регулирование частоты вращения рабочего колеса средствами регулируемого электропривода.

**Ключевые слова:** автоматизированный электропривод, вентилятор, калориферная установка, режимы работы, управление, подземный рудник

## ENERGY EFFICIENCY OPERATING MODES OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVE OF MINE CALORIPER UNITS

**Androsova A.S., Volotkovskaya N.S.**

*Polytechnic institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov in Mirny, e-mail: androsova.anastas.semen@mail.ru*

In this article, the technique for determining the rational operating mode of the electric drive of air-heater and fan units for providing the set temperature and the required volume of the outgoing air flow is considered. Systems for automatic control of the angular velocity of blowers in radiator systems and fan units have been defined. The modes of operation of fan units for determining the main technological parameters necessary for the design of automatic control systems for these installations are analyzed, which include: the maximum fan supply for the billing period, the smallest feed for the billing period, the required pressure corresponding to the largest and smallest feed, Or pressure. The following control methods are proposed: air flow throttling on the suction line of the installation with dampers and valves, twisting of air entering the impeller by means of special guiding apparatuses, diffusers and other devices, stepwise regulation of the speed of the impeller by a mechanical or electromachine method, smooth control of the speed By means of a regulated electric drive.

**Keywords:** automated electric drive, fan, air heater, operation modes, control, underground mine

На всех подземных горнодобывающих предприятиях с целью обеспечения безопасности осуществления производственного процесса согласно правилам воздух, подаваемый в воздухоподающие стволы в холодное время года, необходимо подогревать в шахтных калориферных установках (ШКУ) до температуры не ниже +2 °С. В настоящее время широко применение нашли газовые и водяные, а в условиях Крайнего Севера – электрические ШКУ. В связи с тем, что объемы подаваемого в шахту (рудник) воздуха значительны по своей величине, на его нагрев также требуется затрачивать колоссальное количество энергоресурсов [1-4].

Для работы газовых и водяных ШКУ используется природный газ (на нагрев воды в котельной – для водяных; на разогрев тепло-

обменной камеры – для газовых), для электрических – электрическая энергия. При этом нередко наблюдается ситуация, когда температура подаваемого в шахту (рудник) воздуха значительно превышает температуру +2 °С, что вызывает перерасход энергоресурсов, затрачиваемых на подогрев воздуха [5].

Кроме того, перегрев воздуха вызывает еще одно негативное явление – возникновение отрицательной общешахтной (общерудничной) естественной тяги (тепловой депрессии) между шахтными стволами, вызванной разностью плотностей воздуха в них. Действуя встречно требуемому направлению движения воздуха, общешахтная (общерудничная) естественная тяга препятствует работе главной вентиляторной уста-

новки (ГВУ), увеличивая ее энергопотребление.

Регулирование режима работы вентиляторных установок обусловлено, главным образом, сезонными и суточными изменениями температуры, влажностью и плотностью воздуха, его запыленностью и загазованностью, которая преимущественно зависит от характера производств вентилируемого помещения. Для горного производства наиболее характерно именно запыленность и загазованность выработок, а для процессов обогащения – запыленность цехов и помещений обогатительных фабрик.

Регулируемые электропривода вентиляторных установок используются в системах проветривания тупиковых выработок, калориферных установках для обогрева шахтных стволов в холодное время года, калориферных установках для обогрева производственных помещений, воздуходувок в котельных для сжигания топлива и т.д.

Разнообразие ситуаций и факторов не позволяет сформировать автоматическое управление регулируемым электроприводом вентиляторных установок. Здесь возможен вариант регулирования в ручном режиме управления. Просчитать и смоделировать режимы работы различных типов электроприводов с применением регулируемого управления можно при помощи программы MatLab [6-16].

Существуют большие перспективы использования систем автоматического управления угловой скоростью воздуходувок в калориферных системах отопления. Такие системы обычно работают в сочетании воздуходувок с теплоносителями. Калориферы могут быть электрическими или водяными. Оптимальное сочетание количества подогретого воздуха с объемом его подачи требует управлять как воздуходувной установкой, так и теплоносителем. Эта задача требует регулировать угловые скорости воздуходувки и теплофикационного насоса в контуре водяного отопления или электрического нагревателя. Задача осложняется тем, что требуется учитывать температуру атмосферного воздуха. Алгоритм управления необходимо строить таким образом, чтобы обеспечить температурный комфорт отапливаемых помещений, цехов, стволов шахт и рудников в холодный период времени при минимальных затратах на теплоносители.

Небольшие вентиляторы главного проветривания с мощностью электродвигателя до 160 кВт, обычно используют низковольтные асинхронные двигатели с короткозам-

кнутым ротором. При мощности от 160 до 400 кВт находят применение низковольтные и высоковольтные асинхронные двигатели с фазным ротором, а при больших мощностях используются высоковольтные синхронные двигатели. В вентиляторах местного проветривания, калориферных установках используются низковольтные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Выбор регулируемого электропривода для вентиляторных установок принципиально не отличается от выбора привода для насосов. Для вентиляторов, оснащенных асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором мощностью до 160 кВт, используется преимущественно низковольтный частотно-регулируемый электропривод [17-18].

Для мощных вентиляторов с высоковольтными синхронными электродвигателями мощностью до 4000 кВт используются бестрансформаторные высоковольтные частотно-регулируемые электроприводы с автономным инвертором тока.

Для электроприводов вентиляторных установок мощностью свыше 2000 кВт, оснащенных синхронными электродвигателями возможно применение вентильного двигателя. Следует отметить, что в горной промышленности отсутствуют примеры использования электропривода вентиляторных установок по системе вентильного двигателя. Синхронный частотно-регулируемый электропривод оказывается значительно сложнее и дороже, чем электропривод по системе вентильного двигателя. Поэтому имеются значительные перспективы использования такой системы для вентиляторных установок

Энергетический эффект в вентиляторных установках можно получить, если требуется обеспечение переменной подачи для оптимизации технологического процесса. В этом случае экономически оправдано применение регулируемого электропривода, который в большинстве случаев является дорогостоящим и требует квалифицированного персонала.

Анализ режимов работы вентиляторных установок выполняется для определения основных технологических параметров, необходимых для проектирования систем автоматического управления этих установок [19]. К числу этих параметров относятся:

- наибольшая подача вентилятора за расчетный период (сутки, месяц или год);
- наименьшая подача за расчетный период;
- необходимое давление, соответствующее наибольшей подаче;

- необходимое давление, соответствующее наименьшей подаче;

- средний диапазон колебаний подачи или давления.

Определяемые технологические параметры и другие исходные данные, используемые для построения системы автоматического управления вентиляторным агрегатом, должны в наибольшей степени соответствовать их фактическим значениям. Значительная часть исходных данных определяется путем построения графиков совместной работы вентиляторов и сети. При этом используются напорные характеристики вентиляторов, характеристики воздухопроводов или сети. При работе вентиляторов на воздухопроводы или сеть пользуются понятием эквивалентного отверстия.

Результаты построения графиков совместной работы вентилятора и воздухопроводов во многом зависят от степени соответствия этих характеристик фактическому состоянию вентиляторов и воздухопроводов, что особенно важно для вентиляторных агрегатов большой мощности.

При выполнении анализа режимов работы вентиляторных установок систематизируются данные о годовом потреблении электроэнергии и годовой производительности, об удельных расходах электроэнергии, затрачиваемой на подачу воздуха. Эти данные позволяют подготовить технико-экономическое обоснование на выполнение энергосберегающих проектов.

Принципиальные режимы работы вентиляторных установок регулируются следующими способами:

- дросселирование воздушного потока на всасывающей линии установки с помощью заслонок и задвижек;

- закручивание входящего в рабочее колесо воздуха с помощью специальных направляющих аппаратов, диффузоров и прочих устройств;

- ступенчатое регулирование частоты вращения рабочего колеса механическим или электромашинным способом (изменением числа пар полюсов многоскоростного электродвигателя);

- плавное регулирование частоты вращения рабочего колеса средствами регулируемого электропривода.

Используются в вентиляторных установках и комбинированные способы регулирования режимов их работы, например, закручивание потока воздуха с помощью осевого направляющего аппарата и изме-

нение частоты вращения многоскоростным электродвигателем.

В заключение стоит отметить, что из всех приведенных выше способах регулирования режимов работы калориферных и вентиляторных установок, наибольшее распространение в настоящее время получил частотно-регулируемый электропривод, который обеспечивает не только точное регулирование заданных параметров, но и позволяет осуществлять энергосбережение путем экономии электроэнергии, а также продлевает работоспособность электрических двигателей и передаточных звеньев [20].

#### Список литературы:

1. Semenov A.S. Lower the economic losses in electric networks // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 12. С. 57-59.
2. Бондарев В.А., Семёнов А.С. Оценка основных факторов энергосбережения // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 228-229.
3. Голубцов Н.В., Ефремов Л.Г., Федоров О.В. Проблема эффективности использования энергоресурсов // Вестник Чувашского университета. 2014. № 2. С. 18-22;
4. Грунтович Н.В., Грунтович Н.В., Ефремов Л.Г., Федоров О.В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48;
5. Каледина Н.О. Вентиляция производственных объектов / учебное пособие. – 4-е изд., стер. – М.: Издательство МГТУ, 2008. – 193 с.;
6. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя в пакете программ MATLAB // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2014. Т. 11. № 1. С. 51-59;
7. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя при прямом пуске и с преобразователем частоты в пакете программ MATLAB // Естественные и технические науки. 2013. № 4 (66). С. 296-298;
8. Семёнов А.С. Моделирование реостатного пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-2. С. 29-34;
9. Семёнов А.С. Исследование режимов работы однофазного трансформатора путем математического моделирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5-3. С. 391-395;
10. Семёнов А.С. Разработка системы электроснабжения добычного участка подземного рудника // Мир современной науки. 2013. № 1 (16). С. 12-15;
11. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы системы электроснабжения насосной станции // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 314-319;
12. Семёнов А.С. Моделирование автоматизированного электропривода / методические указания по выполнению лабораторных работ. – М.: Издательство «Спутник+», 2012. – 60 с.;
13. Семёнов А.С., Кугушева Н.Н., Хубиева В.М. Моделирование режимов работы электроприводов горного оборудования / монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2013. – 112 с.;
14. Семёнов А.С., Кугушева Н.Н., Хубиева В.М. Моделирование режимов работы частотно-регулируемого электропривода вентиляторной установки главного проветривания применительно к подземному руднику по добыче алмазосодержащих пород // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-5. С. 1066-1070;

15. Семёнов А.С., Хазиев Р.Р. Выбор электродвигателя проходческого комбайна путём математического моделирования // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 5-5. С. 694-698;
16. Семёнов А.С., Хубиева В.М., Петрова М.Н. Математическое моделирование режимов работы двигателя постоянного тока в среде MATLAB // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-3. С. 523-528;
17. Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий / учебное пособие. – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 260 с.;
18. Хубиева В.М., Петрова М.Н., Семёнов А.С. Проектирование электропривода подборщика путем моделирования. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2015. – 96 с.;
19. Черенков Н.С., Семёнов А.С. Модернизация и оптимизация автоматизированных конвейеров в горной промышленности // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-4. С. 417-419;
20. Шевчук В.А., Семёнов А.С. Сравнение методов диагностики асинхронного двигателя // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-4. С. 419-423.