

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

С.П. ГЛУШКО, Е.Ю. СТРИЖКОВ, Н.Ю. СТРИЖКОВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: sputnik_s7@mail.ru*

В статье описана технология кондиционирования воздуха в производственных и офисных помещениях, выполнено обоснование выбора приводов приточно-вытяжной вентиляции для автоматизированной системы кондиционирования, обоснован выбор преобразователя частоты для системы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.

Ключевые слова: кондиционирование, приточно-вытяжная вентиляция, автоматизированная система, регулируемый привод, трехфазный асинхронный электродвигатель, преобразователь частоты.

Автоматическая система управления приточно-вытяжной вентиляции предназначена для поддержания заданных параметров в системе вентиляции и кондиционирования воздуха в производственных и офисных помещениях с целью обеспечения комфортных условий для обслуживающего персонала, а также безопасного и безаварийного функционирования оборудования [1, 2].

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемым системой кондиционирования воздуха. В состав системы входят технические средства забора воздуха, подготовки, то есть придания необходимых кондиций (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха), перемещения (вентиляторы) и его распределения, а также средства хладоснабжения и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

В результате технологических и бытовых процессов в воздух помещения поступают тепло и влага. Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий) [1].

Для поддержания требуемой температуры и влажности в помещении необходимо подавать в него приточный воздух с определенными параметрами.

Параметры наружного воздуха изменяются во времени. Прежде чем подать наружный воздух в помещение, его необходимо специально обработать, придав ему определенные кондиции. При кондиционировании воздуха его, в основном, подвергают тепловой и увлажняющей обработке.

В жаркие летние дни наружный воздух имеет высокую температуру и большую влажность. Перед подачей в помещение такой воздух необходимо охладить, а иногда и осушить. Зимой наружный воздух имеет низкую температуру и небольшую влажность, поэтому перед подачей в помещение его приходится нагревать и увлажнять.

Установки кондиционирования воздуха имеют специальные устройства для определенных видов его обработки. Нагревают воздух обычно в калориферах, по которым протекает теплоноситель. Охлаждение воздуха осуществляется в поверхностных или в контактных воздухоохладителях. В поверхностных воздухоохладителях воздух отдает тепло поверхностям трубок, по которым пропускают холодную воду или другой хладоноситель. Если эти поверхности имеют температуру ниже точки росы, то на них выпадает влага из воздуха, и воздух не только охлаждается, но и осушается. Поверхности трубок воздухоохладителя или калорифера в некоторых случаях орошают водой, так как воздух интенсивнее обменивается теплом со смоченной поверхностью.

Кроме того, при орошении водой воздух можно наряду с нагреванием или охлаждением осушать или увлажнять. Наиболее часто воздух проходит через дождевое пространство оросительной камеры, в которой форсунками разбрызгивается охлажденная вода. В некоторых случаях применяют контактные охладители с орошаемой насадкой. В них охлажденной водой орошается слой (насадка) из фарфоровых или металлических колец, древесных стружек проходя через лабиринтовые ходы смоченной насадки, охлаждается и осушается или увлажняется. В последнее время контактные устройства начинают применять также и для нагревания воздуха.

Комплекс технических средств и устройств, для приготовления приточного воздуха с заданными параметрами и поддержания в помещениях

оптимального или заданного состояния воздушной среды (независимо от изменения внешних и внутренних факторов), называется системой кондиционирования воздуха. Система кондиционирования позволяет автоматически поддерживать заданную температуру, влажность и скорость движения воздуха, его чистоту, газовый состав, ароматические запахи, содержание легких и тяжелых ионов, а в ряде случаев определенное барометрическое давление. В большинстве офисных и промышленных зданий современные системы кондиционирования позволяют поддерживать только первые четыре из перечисленных параметров.

При автоматизации процесса регулирования в пределах каждого контура возможны различные решения схем. Выбор схемы автоматизации связан с анализом кратковременных суточных изменений режимов работы систем кондиционирования. Он определяется динамическими свойствами системы и предъявляемыми требованиями по точности регулирования, быстродействию и другим показателям.

Для систем кондиционирования различного назначения эти требования варьируются в довольно широких пределах. Например, для комфортного кондиционирования допустимы колебания тв до ± 1 ($1,5$) $^{\circ}\text{C}$, фв до $\pm 10\%$, для технологического кондиционирования - тв до $0,5$ (1) $^{\circ}\text{C}$, фв до $\pm 5\%$, для специальных систем - тв до $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, фв до $\pm 2\%$. Регулирование приточных вентиляционных систем, как правило, осуществляется только в зимнее время, регулирование систем кондиционирования – в течение всего периода эксплуатации.

В системах кондиционирования воздуха, как правило, применяют электрические или пневматические приборы автоматического регулирования, осуществляющие следующие алгоритмы регулирования: двух- и трехпозиционный, пропорциональный, интегральный пропорционально-интегральный (изодромный) и пропорционально-интегрально-дифференциальный.

Позиционные регуляторы применяют главным образом в схемах защиты калориферов первой ступени подогрева и реверса воздушных клапанов, иногда их применяют в контурах регулирования температуры приточного воздуха или воздуха в помещении, если допустимы достаточно большие колебания параметров.

В контурах регулирования температуры и влажности большинства систем комфортного и технологического кондиционирования применяют пропорциональные (П) или интегральные (И) регуляторы. П- регуляторы обладают большим быстродействием, но осуществляют процесс регулирования с ошибкой, величина которой пропорциональна возмущающему воздействию на систему автоматического регулирования. В системах с И- регулированием ошибка регулирования меньше, однако, они обладают и меньшим быстродействием. Выбор того или иного регулятора следует обосновывать соответствующим расчетом. В проектной практике выбор осуществляют главным образом по опыту наладке и эксплуатации подобных систем.

Пропорционально-интегральные регуляторы, сочетающие в себе преимущества П- и И- регуляторов, применяют в основном в специальных системах кондиционирования воздуха, обеспечивающих поддержание заданных параметров с высокой точностью.

Повышения качества автоматического регулирования можно добиться не только усложнением алгоритма, но и совершенствованием контура регулирования путем введения дополнительных корректирующих устройств.

Точность поддержания параметров зависит от принятого алгоритма регулирования, а также от места расположения чувствительных элементов датчиков температуры и влажности (особенно устанавливаемых в помещениях). Необходимо учитывать, что поддерживать, например, температуру с отклонениями в пределах $\pm 0,5^\circ$ в точке установки чувствительного элемента не представляет существенных трудностей, однако на некотором расстоянии от датчика температура зависит от неконтролируемого и весьма сложного процесса лучисто-конвективного и

струйного теплообмена в помещении. Поэтому в некоторых случаях в помещениях должно быть установлено несколько датчиков, причем выбор их местоположения необходимо обосновать анализом теплового режима зоны помещения, в которой должны поддерживаться заданные параметры микроклимата. Та или иная схема регулирования должна быть выбрана на основе расчета надежности и обеспеченности заданных режимов и технико-экономического анализа.

Система автоматики выполняет следующие функции:

- защита (прежде всего двигателей приводов);
- контроль параметров кондиционирования, вентиляции и функционального состояния оборудования;
- регулирование;
- измерение;
- управление.

При работе двигателя неизбежно возникновение потерь, ведущих к перегреву двигателя [3].

Различают потери в меди на статоре и роторе, потери в железе на статоре и потери на трение. При этом, если потери в меди прямо пропорциональны квадрату нагрузки двигателя, то потери в железе и на трение не зависят от нагрузки.

Основная задача устройств защиты двигателя состоит в том, чтобы предотвратить перегрев, как статора, так и ротора. Чем больше двигатель и чем выше его число оборотов, тем выше начальный пусковой ток, и тем более уязвимым будет ротор двигателя.

После включения двигателя и затухания переходного процесса в двигателе устанавливается начальный пусковой ток. Величина начального пускового тока составляет от 4-х до 8-кратной величины тока, при номинальном режиме работы и не зависит от момента нагрузки; таким образом, работает ли двигатель на холостом ходу, или под нагрузкой – значения не

имеет. В отличие от этого, время разгона находится в зависимости от характеристик рабочей машины.

Причины тепловой перегрузки:

- из-за повышенного крутящего момента при работе под нагрузкой в продолжительном режиме;
- из-за слишком большой частоты включений;
- из-за слишком продолжительного относительного включения при повторно-кратковременном режиме;
- из-за слишком продолжительных процессов разгона и торможения;
- из-за блокирования ротора при включении или в процессе работы;
- при работе от вентильных преобразователей тока.

Другими причинами тепловой перегрузки могут быть ошибочное подключение или коммутация, а также определенные качества сети, такие как:

- слишком большие отклонения частоты или напряжения в сети от номинальных значений;
- асимметрия сети и обрыв сетевого провода (выпадение фазы).

На двигатель отрицательно сказывается недостаточное охлаждение из-за следующих факторов:

- высокой температуры охлаждающей среды;
- повышенного уровня места установки (разряженный воздух при установке на высоте более 1000м над уровнем моря);
- нарушение потока охлаждения (засорение вентиляционной решетки).

Самой важной задачей устройства защиты двигателя является своевременное срабатывание, прежде чем температура двигателя достигнет критического значения. Однако, устройства защиты не должны срабатывать, если двигатель:

- работает в продолжительном режиме работы при номинальной мощности;
- в течение допустимого времени разгона и торможения по двигателю проходит начальный пусковой ток;

- перегружен в течение 2 минут в разогретом состоянии 1,5-кратным номинальным током.

Устройства защиты двигателя могут работать по принципу зависимости от тока, либо от температуры.

Тепловые реле с токовой зависимостью и расцепитель перегрузки в силовых автоматах работают с биметаллическими пластинами и обмотками накала, которые нагреваются от тока двигателя.

В расцепителях перегрузки биметаллические пластины освобождают защелку механизма блокировки, а в реле перегрузки срабатывает вспомогательный контакт, который разрывает контур тока в катушке контактора двигателя. Происходит остановка двигателя и система сигнализирует об аварии двигателя.

При асимметрии сети, и особенно при отсутствии тока в одном из проводов, резко возрастает ток в двух других проводах, и потери в двигателе становятся в 1,5-2 раза выше, чем при номинальном режиме. Реле перегрузки, не имеющие чувствительных элементов к обрыву фазы, срабатывает при этом с запаздыванием. По нормам, предельный ток отключения может быть в этом случае на 10% выше, т.е. составляет максимально 1,32-кратную величину тока уставки. Продолжительная работа в условиях такой нагрузки может привести к преждевременному выходу двигателя из строя.

Для того чтобы в условиях асимметрии сети и однофазного режима работы обеспечить надежную защиту двигателя, реле перегрузки и расцепители дополнительно оснащают дифференциальной защитой и толкателем, который выполняет более раннее отключение.

Тепловые реле защиты с токовременной зависимостью и силовые автоматы обеспечивают высокую степень защиты при низкой стоимости. При их использовании возможна экономическая защита двигателя, особенно в нижнем диапазоне мощностей.

Так же в двигателях присутствует встроенная защита от перегрева (термостат). При возрастании температуры на двигателе релейный контакт термостат даст сигнал в щит управления об аварии двигателя.

В зимний период работы системы вентиляции нагрев воздуха осуществляется водой в теплообменнике. Он изготовлен из металлических трубочек с алюминиевым оребрением.

Для контроля работы двигателя насоса устанавливают реле давления, которое меряет наличие перепада давления до и после двигателя. Во время работы двигателя контакт датчика реле давления находится в замкнутом состоянии. В случае остановки двигателя (пропадания напряжения на двигателе и других возможных аварий) контакт датчика реле давления размыкается, и сигнал передается в щит управления.

Наиболее подходящим для использования в приводах вентиляторов и насосов систем жизнеобеспечения промышленных и административных зданий является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа АДЧР112 для использования в составе частотно-регулируемого привода, а так же в режиме питания от стандартной трехфазной питающей сети для продолжительного режима S1 по ГОСТ Р 52776 [3]. Двигатели АДЧР112 имеют ограничения по применению: т.к. для охлаждения двигателя используется вентилятор установленный на валу двигателя (самовентиляция), эффективное охлаждение обеспечивается начиная с выходной частоты инвертора порядка 30 Гц, допустимая глубина регулирования примерно 1:3.

Техническая характеристика электродвигателя АДЧР112М4 приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Техническая характеристика электродвигателя АДЧР112М4

Параметр	Величина и размерность
Номинальная мощность, P_n	5,5 кВт
Номинальная частота вращения ротора, ω_n	1440 об/мин
Номинальное питающее напряжение, U_n	380 В
Номинальная частота питающего напряжения, f_n	50 Гц
Номинальный ток, I_n	11,7 А
Номинальный КПД,	0,85
Номинальный коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,83
Номинальный момент, M_n	36 Н·м

Выбор преобразователя частоты для системы управления электродвигателем выполним на основе следующих условий:

$$I_{\text{вых.пч}} \geq I_{1n}; \quad (1)$$

$$U_{\text{вых.пч}} \geq U_{1n}; \quad (2)$$

Условиям (1) и (2) удовлетворяет преобразователь частоты VSI -7,5 CX4A2N0. Это устройство предназначено для плавного пуска и регулирования производительности путем изменения частоты вращения приводного электродвигателя. При этом исключаются 5-6 кратные пусковые токи и сохраняется высокое значение.

Преобразователь частоты позволяет регулировать в широких пределах значения частоты, тока и напряжения на статоре асинхронного двигателя.

Преобразователь частоты серии VSI преобразует параметры электрической энергии питающей сети 380 В, 50 Гц в систему трёхфазных токов регулируемых напряжения и частоты для питания цепей статора АД.

Основные параметры устройства VSI -7,5 CX4A2N0 приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные параметры устройства VSI -7,5 CX4A2N0

Наименование параметра	Величина
Номинальная выходная мощность ПЧ, кВт	7,5
Номинальный ток нагрузки, А	18
Номинальное напряжение на входе, В	380(+10%-15%)
Диапазон регулирования напряжения, В	0 – $U_{\text{сети}}$
Частота питающей сети, Гц	50±5%
Диапазон регулирования частоты, Гц	0,5 – 60
Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,94
Кратность тока перегрузки	1,5· $I_{\text{ном}}$

Преобразователь частоты серии VSI представляет собой двухблочный преобразователь частоты: первый блок – диодный мост преобразует переменное напряжение в однонаправленное, пульсирующее. Далее напряжение фильтруется в промежуточной цепи на емкостном фильтре и поступает на блок преобразователя в переменное напряжение на IGBT-транзисторах.

GBT-преобразователь подает трехфазное симметричное переменное напряжение регулируемой амплитуды и частоты на электродвигатель. Мощность, которую преобразователь потребляет из сети, является почти полностью активной.

Блок сопряжения и управления электродвигателем основан на программируемом контроллере. Контроллер управляет электродвигателем на основе полученных данных измерений, установленных параметров и сигналов управления, приходящих с управляющей панели и I/O платы. В свою очередь блок сопряжения и управления управляет цепью СИФУ, которая выдает требуемые управляющие импульсы на IGBT-транзисторы. Усилитель усиливает управляющие импульсы, поступающие с СИФУ на IGBT-транзисторы.

Блок сопряжения и управления электродвигателем предназначен для реализации функций управления, регулирования, защиты, автоматизации и обеспечения надёжной работы электропривода, с обеспечением следующих функций:

- формирование импульсов управления преобразователя частоты по заданным алгоритмам работы управляемого выпрямителя и инвертора тока;
- автоматическое формирование процессов пуска и отключения преобразователя частоты, а также формирование команд управления выключателями, как на входе преобразователя частоты, так и на выходе;
- шунтирование преобразователя частоты выключателем в тех случаях, когда предусмотрен режим переключения асинхронного двигателя на непосредственное питание от сети;
- регулирование выходной частоты преобразователя частоты по сигналам технологического регулятора, а также в режиме ручного управления;
- отображение информации о режимах работы, неисправностях и причинах аварийного отключения преобразователя частоты;
- автоматическое формирование обобщённых сигналов о состоянии преобразователя частоты и их передачу на диспетчерский пульт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. - М.: Физматлит. 2003.-272 с.
2. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (приняты и введены в действие Постановлением Госстроя РФ от 26.06.2003 N 115).
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. вузов/ Г.Г. Соколовский. – М.: АСАДЕМА, 2006. – 260 с.

REFERENCES

1. Kokorin O.Ya. Sovremennyye sistemy konditsionirovaniya vozdukh. - M.: Fizmatlit. 2003.-272 s.

2. SNiP 41-01-2003 «Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie» (prinyaty i vvedeny v deystvie Postanovleniem Gosstroya RF ot 26.06.2003 N 115).

3. Sokolovskiy G.G. Elektroprivody peremennogo toka s chastotnym regulirovaniem: uchebnyk dlya stud. vuzov/ G.G. Sokolovskiy. – M.: ACADEMA, 2006. – 260 s.

*JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF VARIABLE SPEED
SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION*

S.P. GLUSHKO, E.YU. STRIZHKOV, N.YU. STRIZHKOV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: sputnik_s7@mail.ru*

The article describes the technology of air-conditioning production and office premises, the justification of the sizing of supply and exhaust ventilation for the automated conditioning system, the choice of the frequency Converter for the control system of three-phase asynchronous motor with squirrel-cage rotor.

Key words: air conditioning, ventilation, automation system, variable speed drive, three-phase asynchronous motor, frequency Converter.