

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

На правах рукописи

ХОДЖАЕВ Т. С.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ДЫМОСОА 7-БЛОКА Таш ТЭС,
МОЩНОСТЬЮ 850/1500 кВт, 6 кВ НА ОСНОВЕ
ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

**Специальность: 5А310704 – Электротехнические комплексы и системы
(по отраслям)**

ДИССЕРТАЦИЯ

ДЛЯ ПРИСВОЕНИЯ СТЕПЕНИ МАГИСТРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Работа рассмотрена и
допущена защите
Зав. кафедрой

« ____ » _____ 2014 г.

Научный руководитель
к.т.н., доц. Имамназаров А.Т.

Ташкент – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Технологические и электрические оборудования Таш ТЭС ...	7
1.1. Общие сведения о электрооборудованиях собственных нужд ТЭС	7
1.2. Основные электротехнические оборудования Таш ТЭС	8
1.3. Основные технологические оборудования собственных нужд Таш ТЭС и их электроприводы	10
Выводы по главе	11
2. Технологический процесс сжигания природного газа в топке ..	12
2.1. Процесс горения газового топлива	12
2.2. Температура уходящих газов и выброс продуктов горения	14
Выводы по главе	15
3. Выполняемая функция дымососов во время сжигания топлива в топке ТЭС и их электроприводы	16
3.1. Принципиальная схема Ташкентской ТЭС и основные параметры дымососов	16
3.2. Основные виды электроприводов используемых в дымососах	19
Выводы по главе	21
4. Расчет основных характеристик частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа	22
4.1. Основные статические характеристики асинхронного двигателя дымососа для номинального режима работы	22
4.2. Основные механические параметры установившегося режима работы частотно – регулируемого асинхронного двигателя	29
4.3. Электрические и энергетические параметры частотно- регулируемого асинхронного двигателя дымососа	33
4.4. Особенности частотного пуска частотно-регулируемого асинхронного двигателя	42
Выводы по главе	52
5. Разработка частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа	53
5.1. Составление функциональной схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода	53
5.2. Основные технические параметры высоковольтного	

преобразователя частоты	55
Выводы по главе	60
Заключение	61
Список использованных литератур	63
Приложение	66

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования заключается в том, что она посвящена к исследованию оптимизации процесса сгорания природного газа в блоке № 7 Ташкентской тепловой электрической станции (Таш ТЭС) с использованием асинхронного электропривода с частотным управлением для дымососа.

Как отмечал, Президент Республики Узбекистан И.А. Каримов, в своем докладе развития всех отраслей промышленности и сельского хозяйства непосредственно связано с развитием и обновлением новой технологией теплоэнергетического комплекса, а также их управления [1]. Поэтому оптимизация режимов работы ТЭС в целом и в частности топки котельного агрегата позволяет максимально использовать технические возможности горелок в максимальном сжигании газа, уменьшить тепловых потерь и тем самым обеспечивается уменьшение количества выброса по средствам дымососов вредных продуктов в атмосферу. Кроме того, использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода вместо нерегулируемого асинхронного электропривода для механизмов и машин для собственных нужд ТЭС способствует не только экономии электроэнергии, но и энергетических ресурсов в самом электроприводе. Это способствует уменьшению потребления электроэнергии собственных нужд ТЭС, и это положительно будет влиять на себестоимость электрической и тепловой энергии вырабатываемой в ТЭС.

Так как использование регулируемого электропривода в процессе сгорания топлива в топке котельного агрегата тепловой электростанции позволяет существенного улучшения экологического состояния вокруг территории Таш ТЭС.

Целью магистерской диссертации является изучения процесса сгорания природного газа в топке, обосновывать выбор и анализ режимов работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода для дымососа с

двухскоростным асинхронным двигателем мощностью 800/1500 кВт. Для достижения данной цели необходимо решать следующие задачи:

1. Изучить весь технологический процесс сгорания природного газа в топке блоке № 7 Таш ТЭС и анализировать влияние степени и интенсивности смешивания природного газа и воздуха в процессе горения.

2. Исходя из анализа процесса полного сгорания природного газа и максимально выноса вредных веществ в атмосферу, сформулировать основные требования, предъявляемые к электроприводу дымососа.

3. Обосновать применения частотно-регулируемого асинхронного электропривода в дымососе, разрабатывать оптимальной системы автоматического управления асинхронным двигателем дымососа.

4. Расчет энергетических, электрических и механических параметров статических и динамических режимов работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа.

Научной новизной исследования является то, в место двухскоростного нерегулируемого асинхронного электропривода дымососа использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода, который способствует максимального удаления вредных веществ в атмосферу в любых режимах работы топки отличающихся от номинального режима работы и на основании чего разработана система автоматического управления асинхронным электроприводом дымососа.

Предметом исследования является частотно-регулируемый асинхронный электропривод дымососа, позволяющего максимального удаления продуктов сгорания природного газа в топке в атмосферу.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что применения данной разработки в производстве способствует экономии электроэнергии в управлении электроприводами дымососов и улучшения экологического состояния в окрестности ТЭС. На основе полученных научных результатов можно рекомендовать для внедрения частотно-регулируемых асинхронных электроприводов и для управления других

турбомеханизмов собственных нужд, что позволяет значительно экономить электроэнергию и энергетических ресурсов.

Апробация. Результаты научного исследования были доложены в научных семинарах кафедры «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» проводившийся, в 2012 – 2014 учебных годах и была подготовлена одна статья для публикации в научно-техническом журнале «Техника юлдузлари» на тему **«Экономия электроэнергии в электроприводах дымососов с помощью регулированием его скорости»**.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОБОРУДОВАНИЯ Таш ТЭС

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЭЛЕКТРООБРУДОВАНИЯХ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

Установки собственных нужд являются важными элементами электрических станций. Повреждения в системе собственных нужд электростанций неоднократно приводили к нарушению работы электростанций в целом и развитию аварии в энергосистемах.

Состав электроприемников собственных нужд, потребляемая ими мощность и энергия зависят от типа электростанции, вида топлива, мощности агрегатов и т.п.

Для ТЭС величина максимальной нагрузки собственных нужд по отношению к установленной мощности электростанций составляет 5 – 7%, расход электроэнергии в процентах годовой выработанной составляет 8 – 10% и суммарный коэффициент спроса на установленную мощность электроприемников собственных нужд равно $K_c = 0,8$.

При проектировании необходимо знать состав электроприемников собственных нужд, их удельный вес и категорию (ответственность). Расход электроэнергии по отдельным группам потребителей ТЭС в процентном отношении распределяется в следующем порядке: 1% для хранения и подачи топлива, 20% для тяги и дутья, 25% для питания котлов, 27% для циркуляционных насосов, 18,4% для сетевых насосов, 8,6% для прочих потребителей.

Электроприемники собственных нужд делятся на **ответственные и неответственные**. К ответственным относят электроприемники, выход из строя которых может привести к нарушению нормальной работы или аварии на ТЭС. Такие электроприемники требуют надежного питания.

Основным приводом механизмов собственных нужд являются асинхронные двигатели с к.з. ротором различных исполнений. Для

тихоходных механизмов, а также для очень мощных механизмов находят применения синхронные двигатели.

На ТЭС обычно имеются два напряжения собственных нужд: высшее (3, 6 или 10 кВ) и низшее (380/220 В) с заземленной нейтралью трансформаторов. В отдельных случаях для питания некоторых автономных потребителей может использоваться напряжение 660 кВ.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОБОРУДОВАНИЯ Таш ТЭС

Распределительные устройства собственных нужд 3 – 10 кВ принимаются с одной системой сборных шин с числом секций, равным числу котлов.

Рабочее питание собственных нужд **неблочной части** осуществляется от сборных шин генераторного напряжения, а **блочной части** – ответвлениями от соответствующих блоков. Резервирование питания собственных нужд производится от шин генераторного напряжения. Число резервных трансформаторов или линий на электростанциях с поперечными связями принимается равным: одному – при числе рабочих трансформаторов собственных нужд или линий до 6 включительно; двум – при большом числе трансформаторов и линий. При этом к одной секции шин генераторного напряжения (ГРУ) не должно присоединяться более двух рабочих трансформаторов собственных нужд. Рабочие и резервные источники (трансформатор, линия) присоединяются к разным секциям ГРУ.

Мощность резервных источников питания собственных нужд выбирается с учетом следующего:

1. При питании рабочих и резервных источников от шин ГРУ и подключении к секции ГРУ одного рабочего источника мощность резервного источника принимается не менее мощности наиболее крупного рабочего источника.

2. При питании рабочих источников ответвлениями от шин ГРУ и подключении к секции ГРУ двух рабочих источников мощность резервного источника должна быть на 50% выше мощности наиболее крупного рабочего источника.

3. При питании рабочих источников ответвлениями от блоков мощности резервного источника должна быть достаточной для замены наиболее крупного рабочего источника и одновременного пуска одного котла или трубы.

4. При питании рабочих источников от блоков и наличии на блоке выключателя генераторного напряжения мощность резервного источника должна быть равна мощности рабочего источника.

Для каждого котла предусматривается секция РУ 0,4 кВ главного корпуса. При блочной тепловой схеме должно быть не менее двух секций 0,4 кВ на блок в главном корпусе. Общестанционная нагрузка по возможности равномерно распределяется между секциями РУ 0,4 кВ. Допускается иметь в главном корпусе отдельные общестанционные секции 0

Резервные источники питания РУ 0,4 кВ должны обеспечивать самозапуск ответственных механизмов, от которых зависит сохранность в работе основного оборудования.

Для ТЭС с блочной тепловой схемой принимается один резервный трансформатор 6 – 10/0,4 на два блока (при числе рабочих трансформаторов до шести) или один резервный трансформатор на блок (при числе рабочих трансформаторов более шести).

В ТЭС устанавливаются агрегаты для резервного возбуждения генераторов.

Число агрегатов принимается равным одному на ТЭС с генераторами до 100 МВт включительно и одному на четыре генератора при мощности каждого из них 160 МВт и выше. В Таш ТЭС имеется 12 блоков и соответственно три резервного возбудителя предусмотрено.

1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД Таш ТЭС И ИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

Основные технические характеристики асинхронных электродвигателей на дымососах, установленных в блоках котлоагрегатов Таш ТЭС представлены в табл. 1.1.

Табл. 1.1

Наимен. оборудования	Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Напряжение, кВ	Ток, А	Скорость вращения, об/мин	КПД, %	Место установки
Номинальное напряжение выше 1000 В							
2ДС	ДАЗО-1712-8/ОА	330/650	6,0	49/84,5	597/745	89/90	Бл.№1
	ДАЗО-15-49-8/10	320/630	6,0	42,5/76,5	594/743	90/91	Бл.№5
	ДАЗО-1914-10/12А	850/1500	6,0	118/204	497/597	90/91	Бл.№ 6-12
2ДС	ДАЗО-191-1241	1700	6,0	216	496	94	Бл.№ 2, 3,4

Для подачи технической воды конденсаторам турбины установлены *циркуляционные насосы* (ЦН). Электродвигатели ЦН вертикального исполнения, подвесного, а с двумя крестовинами и, соответственно, двумя направляющими шинниками с упорным подпятником, размещенные в ванне верхней крестовины. Класс изоляции статорной обмотки В. Ротор электродвигателя состоит из активного железа, короткозамкнутой обмотки, сварного корпуса ротора, вентилятора (центробежный, в виде отдельных лопаток). Маслоохладители предусмотрены для отвода тепловых потерь трения в пятник и направляющих подшипников.

На *дымососах* ДС и *дутьевых вентиляторах* ДВ установлены двухскоростные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, закрытые, обдуваемые типа ДАЗО; основные характеристики их даны в табл. 1.1.

Пуск электродвигателя должен производиться только с первой скорости. Переход на вторую скорость разрешается только после того, как электродвигатель развернется до номинальной скорости вращения. Переход с низшей скорости на высшую, и наоборот, соответствует пуску электродвигателя, хотя условия пуска при этом значительно облегчены. Последующие пуски электродвигателя допускаются по истечении 30 мин.

В подшипниках монтируются термосигнализаторы для контроля температуры подшипников. Температура вкладышей подшипников не должна превышать 80 °С. Электродвигатели типа ДАЗО имеют двойную систему вентиляции:

- внутреннюю замкнутую, радиально – аксиальную;
- наружную разомкнутую, аксиальную.

На электродвигателя предусмотрены уплотнения размерах типа ДАЗО, установленных на котлах с «1 пр № 12 реконструирована система охлаждения на разомкнутый цикл охлаждения со снятием боковых крышек от электродвигателей.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Анализированы функционирования основных технологических и электрических оборудования собственных нужд ТЭС.

2. Даны основные технические характеристики асинхронных двигателей дымососов установленных в котлоагрегатах Таш ТЭС и их режимы работы.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТОПКЕ

2.1. ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА

При горении газового топлива его горючие составляющие углерод и водород вступают в химическое взаимодействие с кислородом. В результате реакции образуются продукты горения: при горении углерода – углекислый газ CO_2 , водорода – водяные пары H_2O . При сжигании топлива в топках в большинстве случаев кислород для горения поступает из воздуха.

Азот, содержащийся в воздухе, в горении не участвует и, нагреваясь, уносит значительное количество теплоты. Так как в воздухе содержится по объему около 21% кислорода, а 79% азота и очень небольшого количества других газов.

Если в топку поступает недостаточное количество воздуха или не будет обеспечено хорошее перемешивание его с газом, то есть водорода не сгорит, а уйдет с отходящими газами. При неполном сгорании окись углерода обнаруживается в продуктах горения. При неполном сгорании метана реакция протекает иначе.

1. Часть метана сгорает, образуя водяные пары и окись углерода вместо углекислого газа, то есть метана, соединяясь с кислородом, образует водяных паров и окиси углерода.

2. Часть метана сгорает, образуя водяные пары и частицы твердого углерода (сажу).

3. Часть метана не сгорит совсем и уйдет вместе с отходящими газами.

Все три случая неполного сгорания метана могут происходить в одно и то же время.

Тяжелые углеводороды горят так же, как и метан, только для их сгорания требуется больше кислорода.

При неполном сгорании выделение теплоты уменьшается. Кроме того, при образовании горения сажи и оседании его на поверхностях нагрева

уменьшается теплоотдача к ним от горячих продуктов горения, а потери теплоты с уходящими газами возрастают.

Практически в продуктах горения может быть кислород, который не успел вступить в реакцию с горючими составляющими или был подан в топку в избыточном количестве. Кроме перечисленных продуктов и неполного сгорания в составе отходящих газов может быть (при наличии в газе сероводорода) незначительное количество сернистого газа SO_2 .

Зная состав горючих газов и реакции горения, можно подсчитать теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 м^3 газа.

Смесь газа с теоретически необходимым для полного сгорания воздухом называют стехиометрической смесью. Однако если в топку подавать только теоретически необходимое количество воздуха, то добиться полного сгорания топлива невозможно. Объясняется это тем, что трудно так перемещать топливо с воздухом, чтобы к каждой молекуле горючих было подведено необходимое количество молекул воздуха. Поэтому на практике приходится подавать воздух больше, чем теоретически необходимо, то есть работать с избытком воздуха. При этом часть воздуха проходит через топку, не реагируя с топливом.

Размер избытка или недостатка определяется коэффициентом воздуха α , который показывает отношение действительного количества воздуха, расходуемого на горение, к теоретически необходимому.

Необходимость сжигать топливо с полностью при α , близким к 1,0, вызывается стремлением обеспечить наиболее экономичную и эффективную работу агрегата. Чем меньше α , тем меньше теплоты унесут отходящие газы. Кроме того, увеличение α снижает температуру в топке, отчего газ горит менее активно и сгорание может стать неполным. Добиваясь сжигания газа с наименьшим, нельзя его сокращать настолько, чтобы сгорание стало неполным, так как даже небольшая неполнота сгорания приводит к очень значительным потерям теплоты.

2.2. ТЕМПЕРАТУРА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ВЫБРОС ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

Температура уходящих газов за котлом лежит в пределах 150 – 500 °С. Дополнительные поверхности нагрева (экономайзеры и воздухоподогреватели) позволяют ее понизить при естественной тяге до 150 – 180 °С, а при искусственной – еще ниже. Однако нельзя допускать понижения температуры уходящих газов ниже точки росы, так как при этом водяные пары, имеющиеся в газах, начинают конденсироваться. Образование влаги недопустимо из-за быстрой коррозии металла экономайзеров, воздухоподогревателей, дымососов, дымовых труб.

Следует учесть, что при сжигании 1м³ природного газа образуется около 2м³ водяных паров (более 1,5 кг). Температура, при которой начинается конденсация водяных паров из уходящих газов, зависит от α (рис. 2.1).

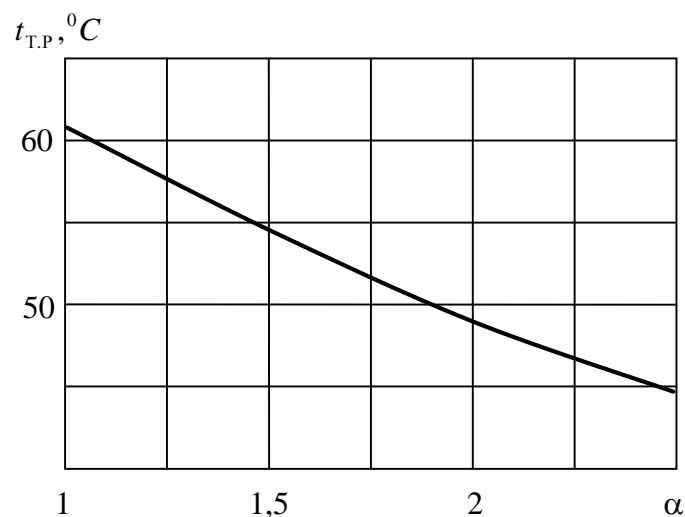


Рис. 2.1. Зависимость точки росы уходящих газов от α

При $\alpha = 1 - 1,45$ точка росы составляет 55 – 61 °С, поэтому для предотвращения конденсации температуру уходящих газов перед дымовой трубой поддерживают обычно не ниже 100 – 120 °С. При установке за котлами контактных экономайзеров, в которых происходит конденсация всей

влаги, содержащейся в продуктах горения, температуру их снижают до 35 – 45 °С. Это позволяют применять вместо дымососов обычных вентиляторов.

Разрежение в топках промышленных печей и котлов большой мощности, оказывающих движению газов большое сопротивление, создается при помощи дымососов. Их устанавливают, также в случаях, когда за агрегатами имеются устройства, утилизирующие теплоту (экономайзеры, воздухоподогреватели, рекуператоры и др.).

Разрежение в агрегате, оборудованном дымососом, можно регулировать различными способами:

- 1) шибером на напорной стороне дымососа;
- 2) специальными направляющим аппаратом с поворотными лопатками, установленными на всасывающем патрубке дымососа;
- 3) при помощи гидромuffты, соединяющей валы дымососа и электромотора и дающей возможность изменить частоту вращения дымососа при постоянной скорости вращения электромотора;
- 4) применение для регулирования скорости дымососа частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Первый способ требует наибольшей затраты электроэнергии для работы дымососа, второй – примерно на 20% меньше, третий – меньше на 50%, а четвертый – самый экономичный способ с наименьшими затратами электроэнергии. То же самое относится и к вентиляторам.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Анализируется особенности технологического процесса сжигания природного газа в топке парового котла.

2. Определены основные способы управления производительности дымососов и дутьевых вентиляторов для нормальной работы паровых котлов.

3. ВЫПОЛНЯЕМАЯ ФУНКЦИЯ ДЫМОСОСОВ ВО ВРЕМЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ТОПКЕ ТЭС И ИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

3.1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ТАШКЕНТСКОЙ ТЭС И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЫМОСОСОВ

Функционирование ТЭС осуществляется главным образом турбомеханизмами различного назначения и конструкции. На рис. 3.1 представлена принципиальная схема Таш ТЭС.

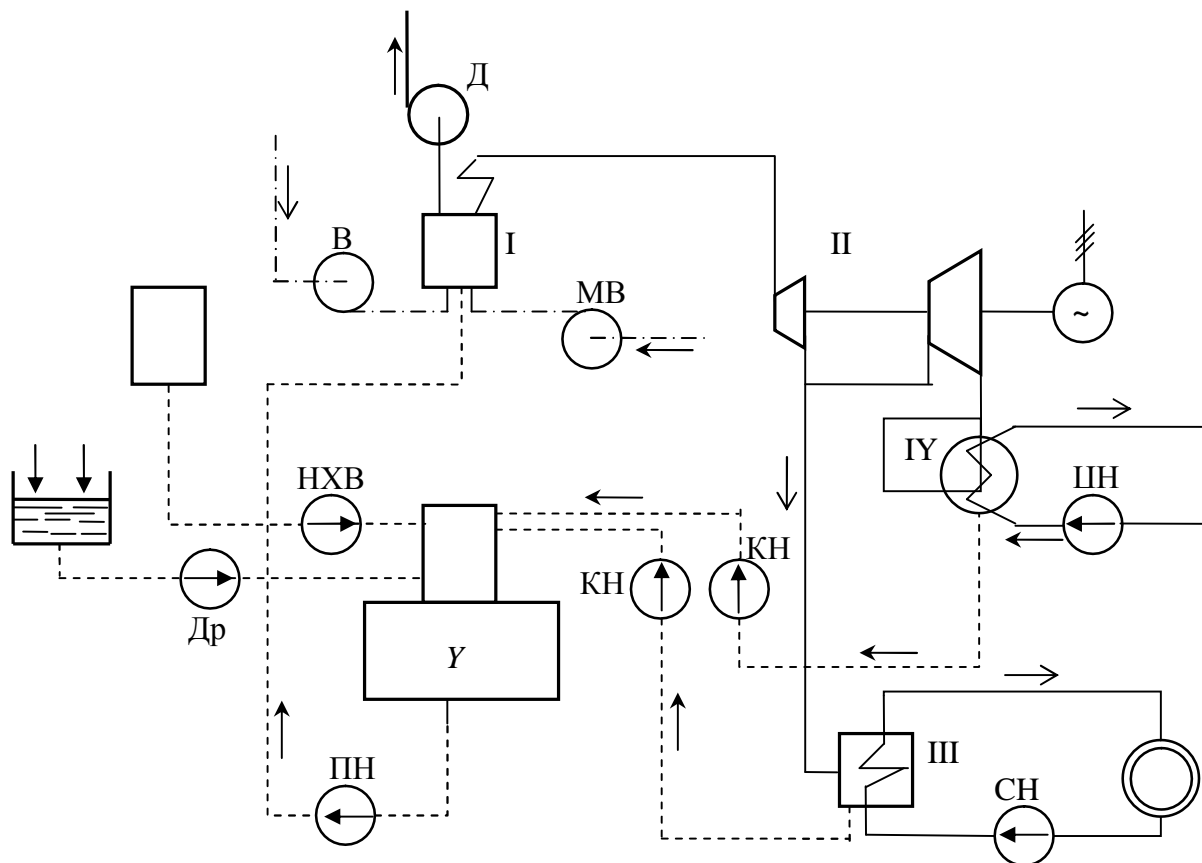


Рис. 3.1. Принципиальная технологическая схема Таш ТЭС

Питательная вода подается в парогенератор I питательным насосом ПН. Из парогенератора пар поступает в теплофикационную турбину II, откуда часть пара идет в сетевой подогреватель (бойлер) III, а вторая часть пара – в конденсатор IV. Специальный сетевой насос СН подает воду (для отопления) в сетевой подогреватель, откуда она направляется к потребителю. Охлаждение пара в конденсаторе осуществляется циркуляционной водой, подаваемой циркуляционным насосом ЦН. Конденсат из конденсатора

избирается конденсатным насосом КН и подается в деаэратор У. В деаэратор специальным насосом НХВ подается также химически очищенная вода,готавливаемая в химическом цехе.

Кроме рассмотренных технологических устройств, имеются также дренажные насосы (для сброса загрязненной воды) и масляные насосы, обеспечивающие смазку и систему регулирования турбины (на схеме не показаны).

В топке котла дутьевым вентилятором В подается воздух и мельничным вентилятором МВ – природный газ. Дымовые газы всасываются дымососом Д и выбрасываются через дымовую трубу в атмосферу.

Основные технические параметры дымососа, установленные в котлоагрегатах блока № 7 Ташкентской ТЭС:

производительность, 650 тыс.м³/час;

полное давление при температуре газов – 100 °С, барометрическом давлении – 760 мм. рт. ст. и удельном весе газа на входе в дымосос – 1,29 кг/мм³, 550 кгс/м²;

максимальный КПД, 87%;

потребляемая мощность, 1450 кВт;

диаметр крыльчатки, 2800 мм;

масса без электродвигателя, 32 000 кг;

масса наиболее металлоемкого узла, 12 500 кг;

маховой момент ротора, 16 000 кгс.м²;

рабочие частоты вращения ротора, синхронные, 750 об/мин;

максимально-допустимая температура газов на входе, 200 °С.

Номинальные технические параметры асинхронного двигателя ДАЗО-191-1241 установленный в дымососе для котлоагрегата блока № 7: номинальная мощность $P_n = 1500$ кВт, номинальное напряжение подаваемое на статорную обмотку 6,0 кВ, номинальное значение тока в статорной обмотке 204 А, номинальная синхронная скорость равно на 597 об/мин, КПД двигателя равно на 91%.

Установленная общая мощность асинхронных электродвигателей типа ДАЗО с номинальным напряжением 6,0 кВ установленных в дымососах составляет **4480 кВт**.

Дымососы всасывают дымовые газы из газохода парогенератора и выбрасывают их через дымовую трубу в атмосферу. Поскольку развиваемое дымососами давление невелико, то они ничем принципиально не отличаются от обычных вентиляторов, в частности от дутьевых вентиляторов, подающих воздух в топку парогенератора.

Однако условия работы дымососов отличаются двумя особенностями, накладывающими отпечаток на конструкцию этих машин и даже на их расчет.

Первая особенность связана с повышенной температурой рабочего тела: температура газов в дымососах достигает $(390 - 450)^{\circ} \text{К}$. Тепло по валу передается подшипникам и вызывает нагрев масла, подшипники этих машин изготавливаются с водяным охлаждением.

Вторая особенность – наличие в рабочем теле твердых примесей: золы в дымовых газах и угольной пыли в воздухе. И зола, и угольная пыль вызывают износ рабочих лопастей, дисков и стенок спиральной камеры. Это вынуждает как при изготовлении, так и в процессе эксплуатации дымососов принимать специальные меры для уменьшения износа.

Особенности пуска и обслуживания дымососов. При пуске дымососов на холодных газах нельзя полностью открывать направляющий аппарат во избежание чрезмерной перегрузки двигателя. Возможная степень открытия регулирующего органа в этом случае контролируется показаниями амперметра, стрелка которого не должна переходить за красную черту.

Регулирование работы дымососов ТЭС должно осуществляться так, чтобы в топке парогенератора всегда было разрежение. Поэтому если нужно увеличить нагрузку тяго-дутьевых установок, сперва увеличивают нагрузку дымососов, а затем – дутьевых вентиляторов. Если нагрузка уменьшается, то вначале уменьшает нагрузку вентилятора, а затем – дымососа.

Остановка дымососов производится после выключения регулирующих органов. Подача охлаждающей воды в дымососах вначале уменьшается (после выключения двигателя), а затем, после остывания ротора, прекращается.

3.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДЫМОСОСАХ

В качестве электропривода для дымососов котлоагрегатов Ташкентской ТЭС функционируют асинхронные электроприводы с двухскоростными асинхронными двигателями типа ДАЗО, на номинальное напряжение 6 кВ с различными мощностями 330 – 1700 кВт и общая мощность составляет 2780 кВт. Поскольку электроприводы дымососов обеспечивают ступенчатую регулирование скорости в диапазоне 2: 1, что никак не удовлетворяет предъявляемые основные требования, то есть гибкость управления процессом удаления летучих вредных примесей в атмосферу зависимости от протекания технологического процесса горения природного газа в топке.

В процессе получения электрической и тепловой энергий в тепловых электрических станциях (ТЭС), для эффективного использования топлива в процессе горения в топке, также необходимо оптимизировать работы дымососов и вентиляторов и эти производственные турбомеханизмы способствуют интенсификации удаления вредных газовых смесей полученных во время горения топлива в топке в атмосферу.

В дымососах Ташкентской ТЭС используются в основном нерегулируемые асинхронные электроприводы или же двухскоростные асинхронные электроприводы. Пуск электродвигателя должен производиться только с первой скорости. Переход на вторую скорость разрешается только после того, как электродвигатель развернется до номинальной скорости вращения. Переход с низшей скорости на высшую скорость, и наоборот,

соответствует пуску электродвигателя, хотя условия пуска при этом значительно облегчены.

Регулирования подачи осуществляется с изменением положения шиберов в воздуховоде дымососа и это приведет необоснованной увеличению потребляемой электрической мощности из сети.

Известно, что несмотря на простоту и минимальные капитальные затраты, дроссельное и шиберное регулирование сопровождается существенным снижением эксплуатационного КПД, которое выражается в значительных непроизводительных затратах электроэнергии, потребляемой дымососом. Более экономичным способом регулирования производительности дымососа является плавное изменение оборотов вала дымососа с помощью частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Проведем оценку возможности снижения потребления электроэнергии дымососам Ташкентской ТЭС. Для этого сопоставим энергетические показатели дымососа при различных способах регулирования производительности. В Табл. 3.1 приведены зависимости мощности (P/P_H) на валу электродвигателя дымососа при регулировании производительности (Q/Q_H) двумя способами:

регулирование шибером (перекрытие канала до дымососа) — $P_{Ш}/P_H$;

регулирование оборотов АД при открытых каналах — $P_{ОБ}/P_H$,

где Q_H — номинальная производительность дымососа; P_H — мощность на валу АД при номинальной производительности.

Табл. 3.1

Q/Q_H	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
$P_{Ш}/P_H$	1,00	0,85	0,71	0,60	0,52	0,43	0,36
$P_{ОБ}/P_H$	1,00	0,72	0,51	0,35	0,22	0,11	0,06

Анализ данных Табл. 1 показывает, что шиберное регулирование производительности дымососа сопровождается существенно меньшим снижением мощности на валу электродвигателя по сравнению с регулированием производительности за счет изменения оборотов вала с помощью частотно-регулируемого АД.

Таким образом, используя для нерегулируемых асинхронных электроприводов дымососов, с общей мощностью двигателей $P_H = 5480$ кВт, работающих во всех 12 блоках Ташкентской ТЭС применив частотно-регулируемый асинхронный электропривод, можно будут экономить электроэнергию примерно на 25% от всей потребляемой мощности дымососами и это составляет **1370** кВт.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Анализированы работы основных технологических оборудований Ташкентской ТЭС и их назначения и особенно рассмотрена роль дымососа в целом в технологическом процессе получения электрической и тепловой энергии.

2. Анализированы работы дымососа с различными способами регулирования подачи на его выходе выбрасываемых в атмосферу вредных летучих примесей отходов горения и определены из потребления электроэнергии.

3. Обоснован выбор системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода для дымососа, которая позволяет значительно экономит электроэнергию и оптимизации процесса горения в топке.

4. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЫМОСОСА

4.1. ОСНОВНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЫМОСОСА ДЛЯ НОМИНАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

Как было отмечено, в предыдущей главе, применения для дымососа частотно-регулируемого асинхронного электропривода позволяет оптимизации процесса горения и уменьшит количество выбрасываемых в атмосферу вредных летучих примесей отходов горения природного газа, а можно будет также значительно экономить электроэнергию во всех режимах работы в самом электроприводе.

Сначала определим основные электрические, энергетические и механические параметры частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя дымососа. В качестве приводного двигателя дымососа Ташкентской ТЭС был установлен асинхронный двигатель типа ДАЗО с мощностью $P_H = 1500$ кВт и его мы заменим нового асинхронного двигателя АОД-1600-10У1 со следующими основными номинальными техническими параметрами:

номинальное напряжение 6000 В,

номинальная мощность, $P_H = 1600$ кВт,

КПД – 94,7%,

синхронная скорость, $n_0 = 600$ об/мин,

номинальное скольжение, $s_H = 0,0057$,

коэффициент мощности, $\cos_H = 0,87$,

перегрузочная способность, $b_H = 2,3$,

пусковой момент, $b_{\pi} = 1,0$,

максимальный допустимый маховый момент $GD^2 = 14,0$ т.м².

Двигатели асинхронные короткозамкнутые типа АОД мощностью до 1600 кВт предназначены для привода механизмов с тяжелыми условиями пуска (дымососов, вентиляторов и других механизмов с аналогичными

характеристиками). Двигатели допускают прямой пуск от полного напряжения сети при напряжении на выводах двигателя в процессе пуска не ниже 0,8 U_n . Допускается производить два пуска подряд из холодного состояния или один пуск после продолжительной работы двигателей под нагрузкой. Последующие пуски допускаются через 3 ч. Общее число пусков 500 в год и 10000 пусков за срок службы.

Двигатели допускают два пуска в сутки (в период пусконаладочных работ до шести).

а) расчет статической механической характеристики дымососа и естественной механической характеристики асинхронного двигателя

Для проведения расчета механических и других характеристик асинхронного двигателя число оборота двигателя переведем в c^{-1} :

$$\text{синхронная скорость двигателя, } \omega_0 = 62,8c^{-1},$$

номинальная скорость двигателя,

$$\omega_{ном} = 62,8 - 62,8 \cdot s_H = 62,8 - 0,0057 \cdot 62,8 = 62,44c^{-1}.$$

Определим следующие номинальные параметры асинхронного двигателя: номинальный момент развиваемый двигателем

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{1600}{62,44} = 25,6kH \cdot m;$$

Критическое скольжение

$$s_{кр} = s_{ном} (b_{ном} + \sqrt{b_{ном}^2 - 1}) = 0,0057(2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,025;$$

максимальное значение развиваемого момента двигателя

$$M_{\text{макс}} = b_{\text{ном}} \cdot M_{\text{ном}} = 2,3 \cdot 25,6 = 58,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

соответствующее значение скорости максимальному моменту

$$\omega_{\text{кр}} = (1 - s_{\text{кр}}) \omega_0 = (1 - 0,025) 62,8 = 61,2 \text{ с}^{-1};$$

пускового момента $M_{\text{пуск}} = 1,0 \cdot M_{\text{ном}} = 1,0 \cdot 25,6 = 25,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$

значение пускового тока $I_{1\text{пуск}} = 6,7 \cdot I_{1\text{ном}} = 6,7 \cdot 187 = 1253 \text{ А};$

номинальный ток обмотки ротора приблизительно равен

$$I_{2\text{ном}} \approx \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot I_{1\text{ном}} = 0,87 \cdot 187 = 162,7 \text{ А};$$

номинальное значение тока намагничивания магнитной системы двигателя

$$I_{\mu\text{ном}} = \sqrt{I_{1\text{ном}}^2 - I_{2\text{ном}}^2} = \sqrt{187^2 - 162,7^2} = \sqrt{34967 - 26471,3} = 92,2 \text{ А}.$$

Механическая характеристика асинхронного двигателя рассчитывается, и строится по формуле Клосса:

$$M = \frac{M}{M_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot b_{\text{ном}}}{\frac{s_{\text{кр}}}{s} + \frac{s}{s_{\text{кр}}}}. \quad (4.1)$$

С использованием номинальных технических параметров по формуле (4.1) определим и построим механическую характеристику асинхронного двигателя типа АОД-1250-4У1. Задаваясь, значениям скольжений от 1,0 до 0 определим значения развиваемого момента двигателя и заполним табл. 4.1.

Полученные данные скорости и развиваемые моменты асинхронного двигателя в зависимости от скольжения запишем в табл. 4.1 и построим механическую характеристику асинхронного двигателя и момент сопротивления дымососа (см. рис. 4.1).

Для дымососа начальный момент сопротивления при вращающем механизме может быть принят $\mu_{C.нач} = 0,15$, а следовательно, момент сопротивления будет изменяться по закону

$$\mu_C = 0,15 + 0,85 \cdot \alpha^2 \cdot (1 - s)^2. \quad (4.2)$$

На рис. 4.1 представленная характеристика момента сопротивления M_C дымососа рассчитана по представленной формуле (4.2).

Скольжение, s	1,0	0,025	0,0057	0
Скорость, $\Omega \text{ с}^{-1}$	0	61,2	62,44	62,8
Момент двигателя, M , Н.м	25,6	58,9	25,6	0

Определим для различных значений скорости вращения момента сопротивления дымососа:

при $\alpha = 1$, $M_C = 3,84 + 21,76 \cdot (1 - 0,013)^2 = 25,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

при $\alpha = 0,8$, $M_C = 3,84 + 21,76 \cdot 0,8^2 \cdot (1 - 0,013)^2 = 17,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

при $\alpha = 0,6$, $M_C = 3,84 + 21,76 \cdot 0,6^2 \cdot (1 - 0,013)^2 = 11,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$;

при $\alpha = 0,4$, $M_c = 3,84 + 21,76 \cdot 0,4^2 \cdot (1 - 0,013)^2 = 7,3 \text{ kH} \cdot \text{м}$;

при $\alpha = 0,2$, $M_c = 3,84 + 21,76 \cdot 0,2^2 \cdot (1 - 0,013)^2 = 4,7 \text{ kH} \cdot \text{м}$;

при $\alpha = 0$, $M_c = 3,84 \text{ kH} \cdot \text{м}$.

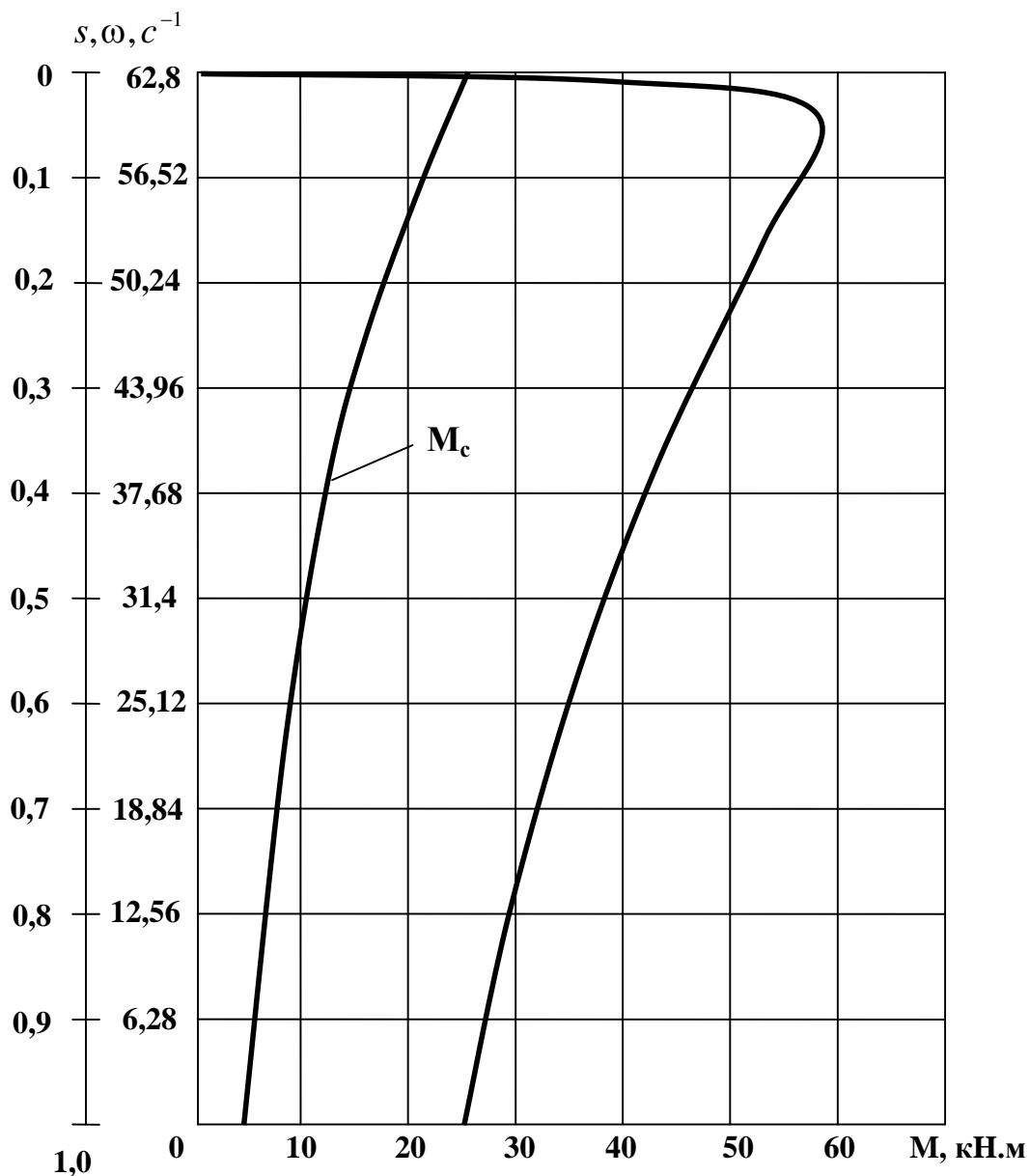


Рис. 4.1. Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя типа АОД-1600-10У1 и момент сопротивления дымососа

б) основные параметры установившегося номинального режима работы асинхронного двигателя

Общие потери асинхронного двигателя типа АОД-1600-10У1 определим с помощью выражения КПД:

$$\Delta P_{\Sigma} = (1 - \eta) \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_1 = (1 - 0,947) \cdot \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 187 = 102,9 \text{ кВт}.$$

Полная мощность, потребляемая из сети для номинального режима работы асинхронного двигателя:

$$S_H = \frac{P_H}{\eta_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{1600}{0,947 \cdot 0,87} = 1942 \text{ кВА}.$$

Активная мощность, потребляемая из сети асинхронного двигателя для номинального режима работы:

$$P_1 = S \cdot \cos \varphi_H = 1942 \cdot 0,87 = 1689,5 \text{ кВт}.$$

Реактивная мощность, потребляемая из сети асинхронного двигателя для номинального режима работы:

$$Q = S \cdot \sin \varphi_H = 1942 \cdot \sqrt{1 - 0,87^2} = 697,9 \text{ кВАр}.$$

Для расчета токов намагничивания асинхронного двигателя для режимов работы отличающихся от номинального режима необходимо определить токи намагничивания для конкретного значения магнитного потока в зазоре двигателя и это можно определить с достаточной инженерной точности с помощью универсальной характеристики

намагничивания асинхронного двигателя в безразмерных значениях координат.

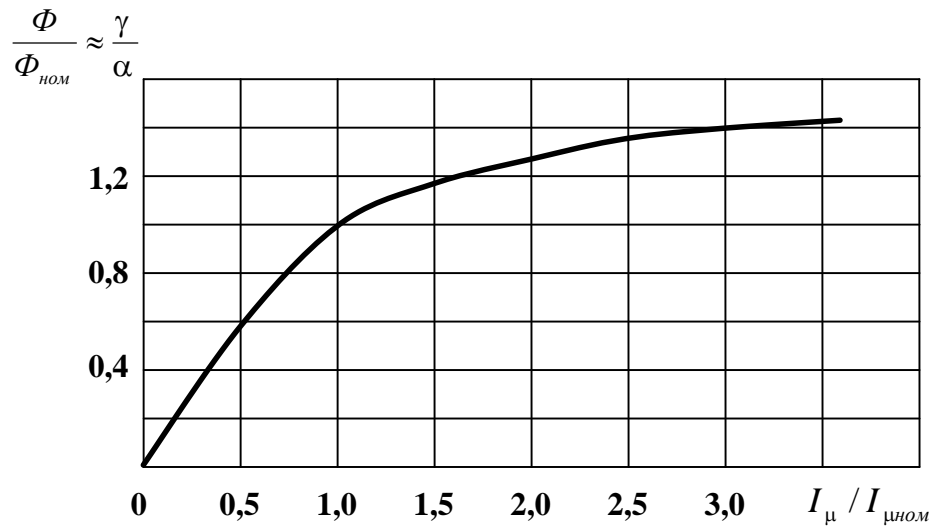


Рис. 4.2. Универсальная характеристика намагничивания асинхронного двигателя:

$I_{\mu ном}$ — намагничивающий ток при номинальном напряжении и частоте

На рис. 4.2 представлена универсальная характеристика намагничивания асинхронного двигателя. По оси ординаты представлено изменение относительного значения магнитного потока в зазоре АД. А в оси представлены изменения тока намагничивания относительно его номинального значения. Изменения относительного значения магнитного потока примерно равно на отношения относительных значений напряжения и частоты, что позволяет определить значения тока намагничивания для любых реализуемых законов управления частотно-регулируемого асинхронного двигателя.

4.2. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ЧАСТОТНО – РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для практических расчетов удобно выразить основных параметров асинхронного двигателя в относительных единицах, через момент сопротивления на валу, кратность максимального момента и соответствующие значения параметров при номинальном режиме.

Вращающий момент. Кратность максимального момента $b_{ном}$ изменяется пропорционально квадрату напряжения и обратно пропорционально квадрату частоты.

Отношение максимального момента к моменту сопротивления на валу асинхронного двигателя

$$b_c = \frac{b_{ном} \cdot \gamma^2}{\mu_c \cdot \alpha^4}, \quad (4.3)$$

где $\mu_c = \frac{M_c}{M_{сном}}$ – относительное значение момента сопротивления на валу

асинхронного двигателя; $\gamma = \frac{U_{л}}{U_{лном}}$ – относительное изменение напряжения

асинхронного двигателя; $\alpha = \frac{f_1}{f_{1ном}}$ – относительное изменение частоты

напряжения асинхронного двигателя.

При частотном управлении асинхронным двигателем дымососа будем использовать экономичный закон управления частоты

$$\gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha. \quad (4.4)$$

Определим оптимальные значения напряжения асинхронного двигателя дымососа для различных значений частоты:

$$\text{при } \alpha = 1, \gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha = \sqrt{\frac{25,6}{25,6}} \cdot 1 = 1,$$

$$U_{Л} = \gamma \cdot 6000 = 1 \cdot 6000 = 6000B;$$

$$\text{при } \alpha = 0,8, \gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha = \sqrt{\frac{17,6}{25,6}} \cdot 0,8 = 0,66,$$

$$U_{Л} = \gamma \cdot 6000 = 0,66 \cdot 6000 = 3980B;$$

$$\text{при } \alpha = 0,6, \gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha = \sqrt{\frac{11,6}{25,6}} \cdot 0,6 = 0,4,$$

$$U_{Л} = \gamma \cdot 6000 = 0,4 \cdot 6000 = 2400B;$$

$$\text{при } \alpha = 0,4, \gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha = \sqrt{\frac{7,3}{25,6}} \cdot 0,4 = 0,22,$$

$$U_{Л} = \gamma \cdot 6000 = 0,22 \cdot 6000 = 1320B;$$

$$\text{при } \alpha = 0,2, \gamma = \sqrt{\mu_c} \cdot \alpha = \sqrt{\frac{4,7}{25,6}} \cdot 0,2 = 0,086,$$

$$U_{Л} = \gamma \cdot 6000 = 0,086 \cdot 6000 = 514B.$$

На основании полученных данных напряжения частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа, построим график изменения напряжения в функции частоты (см. рис. 4.3).

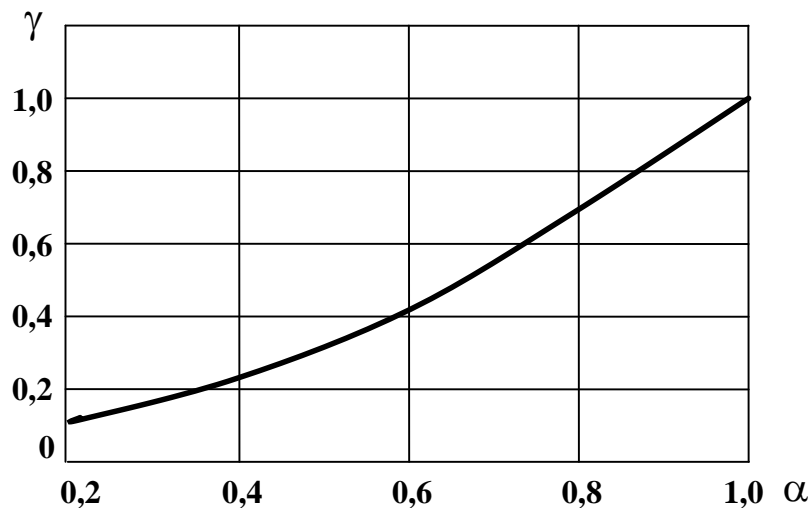


Рис. 4.3. График изменения напряжения в функции частоты при экономичном законе управления частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа типа АОД-1600-10У1

Механические характеристики частотно – регулируемого асинхронного двигателя дымососа

Если асинхронный двигатель работает с нагрузкой, отличной номинальной, т.е. при моменте $\mu_C = \frac{M_C}{M_{НОМ}} < 1$ (M_C – момент сопротивления на валу асинхронного двигателя), то кратность максимального момента по отношению к этому значению момента сопротивления будет определяться по выражению:

$$b_C = \frac{M_{МАКС}}{M_C} = \frac{b_{НОМ} \cdot \gamma^2}{\mu_C \cdot \alpha^2}. \quad (4.5)$$

Если пренебречь активным сопротивлением обмотки статора, то критическое скольжение будет изменяться обратно пропорционально частоте,

$$s_{крf} \approx \frac{s_{кр} \cdot f_{1НОМ}}{f_1} = \frac{s_{кр}}{\alpha}. \quad (4.6)$$

Формулу Клосса для частотно – регулируемого асинхронного двигателя с учетом выражений (4.5), (4.6) запишем в упрощенном виде:

$$\mu = \frac{2 \cdot b_{ном}}{\frac{s_{кр}}{\alpha s} + \frac{\alpha s}{s_{кр}}}, \quad (4.7)$$

где значение $s_{кр}$ определено при номинальной частоте.

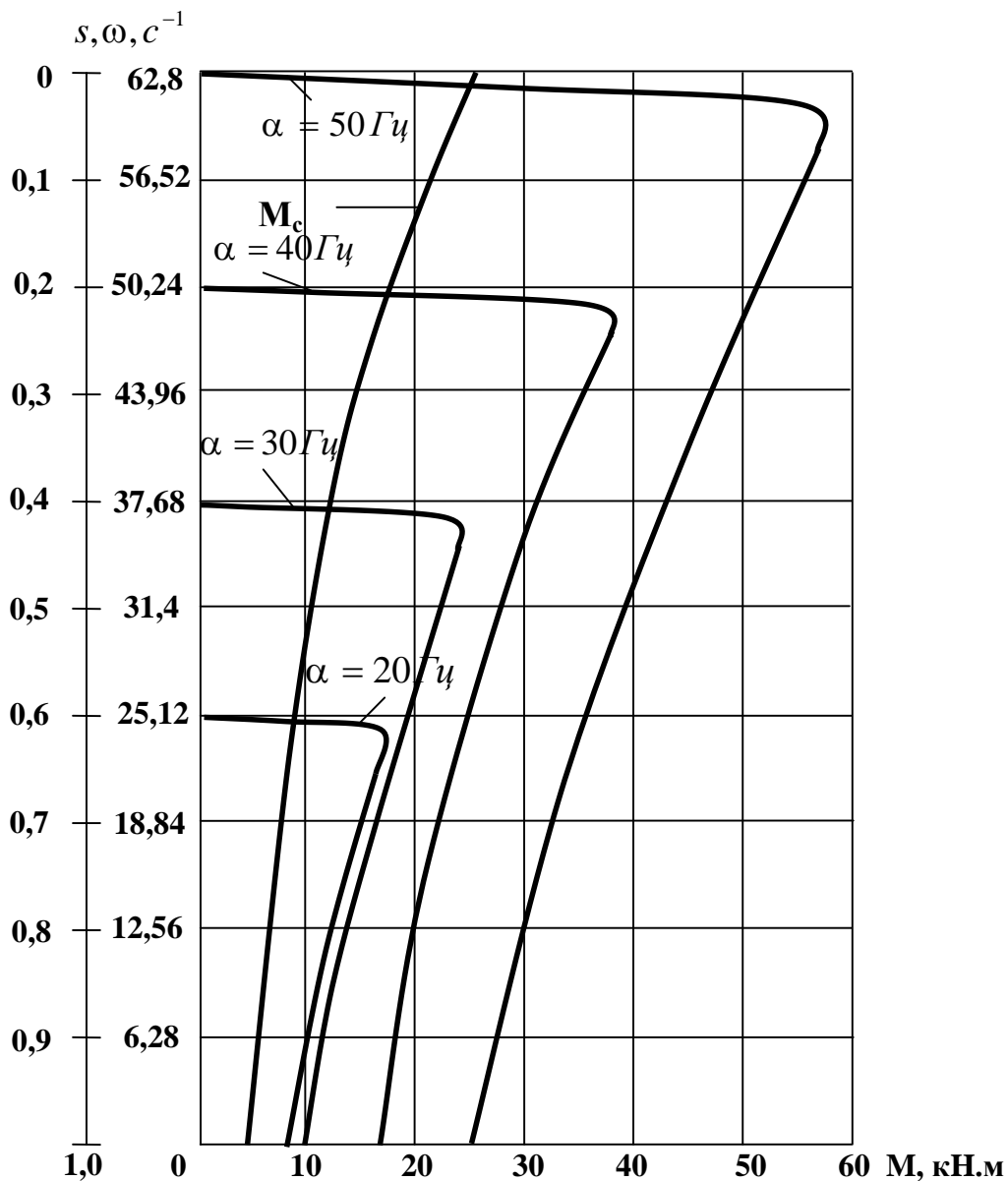


Рис. 4.8. Момент сопротивления дымососа и механические характеристики частотно – регулируемого асинхронного двигателя дымососа типа АОД-1600-10У1

Для значений частоты $\alpha = 0,8; 0,6; 0,4; 0,2$ рассчитываем механические характеристики частотно-регулируемого асинхронного двигателя по (4.7) и построим механические характеристики частотно-регулируемого асинхронного двигателя и момент сопротивления дымососа для различных значений частоты соответственно (см. рис. 4.4).

Использование автоматизированного частотно – регулируемого асинхронного электропривода для дымососа позволяет экономить электроэнергию в стационарном и динамическом режимах работы дымососа и кроме того способствует во время работы дымососа контролировать и поддерживать в предельных нормах уходящих вредных газовых смесей продуктов горения газа в атмосферу, что улучшает экологическую состояния вокруг Таш ТЭС.

4.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЫМОСОСА

1. Значения частоты $\alpha = \frac{f_1}{f_{1НОМ}} = \frac{40}{50} = 0,8$, момента

$\mu_C = \frac{M_C}{M_{СНОМ}} = \frac{17,6}{25,6} = 0,69$ и напряжения $\gamma = \frac{U_{12}}{U_{12НОМ}} = \frac{3980}{6000} = 0,66$.

Электрические и энергетические параметры установившегося режима работы для номинальных значений частоты $\alpha = 1$, момента сопротивления $M_C = M_{СНОМ} = 25,6 \text{ кНм}$ и напряжения $\gamma = 1$ представлены в предыдущем параграфе 4.2.

Механическая мощность на валу двигателя равно

$$P_H = M_{C(0,8)} \cdot \omega_{0,8} = 17,6 \cdot 62,8 \cdot 0,8 = 884,2 \text{ кВт} .$$

Отношение максимального момента к моменту сопротивления на валу определим по формуле:

$$b_c = \frac{b_{ном} \cdot \gamma^2}{\mu_c \cdot \alpha^2} = \frac{2,3 \cdot 0,66^2}{0,69 \cdot 0,8^2} = 2,3,$$

Пренебрегая влиянием активного сопротивления статора при малых скольжениях, а также влиянием r_l на критическое скольжение, определим отношение тока ротора к его номинальному значению:

$$\frac{I_2}{I_{2ном}} = \sqrt{\mu_c \frac{b_{ном} + \sqrt{b_{ном}^2 - 1}}{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}} = \sqrt{0,69} = 0,83.$$

$$I_2 = 0,83 \cdot 162,7 = 135 \text{ A}.$$

Значение тока намагничивания I_μ с достаточной точностью можно определить по кривой намагничивания, которая дает зависимость между током и магнитным потоком (рис. 2.2). Для нашего случая

$$\frac{\Phi}{\Phi_{ном}} \approx \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{0,66}{0,8} = 0,83 \quad \text{определим отношение} \quad \frac{I_\mu}{I_{\mu ном}} = 0,75 \quad \text{и отсюда}$$

$$I_\mu = 0,75 \cdot 92 = 69 \text{ A}.$$

Ток статора можно определить без учета активных потерь холостого хода по следующей упрощенной формуле:

$$I_1 = \sqrt{(I_\mu + I_2 \sin \varphi')^2 + (I_2 \cos \varphi')^2} = \sqrt{(69 + 135 \cdot 0,075)^2 + (135 \cdot 0,962)^2} = \sqrt{6260,8 + 16870} = 152 \text{ A}.$$

$$\text{Где } \sin \varphi' = \frac{1}{\sqrt{2b_c(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 1,9(1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1})}} = \frac{1}{13,36} = 0,075,$$

$$\cos \varphi' = \sqrt{\frac{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}{2b_c}} = \sqrt{\frac{1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1}}{2 \cdot 1,9}} = 0,962.$$

Коэффициент мощности асинхронного двигателя приблизительно можно определить по формуле

$$\cos \varphi = \frac{I_2' \cdot \cos \varphi'}{I_1} = \frac{135 \cdot 0,962}{152} = 0,85.$$

Активная мощность асинхронного двигателя

$$P_1 = \gamma \cdot \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_H = 0,66 \cdot \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 152 \cdot 0,85 = 885,1 \text{ кВт}.$$

Потребляемая реактивная мощность асинхронного двигателя составляет

$$Q = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sin \alpha = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)} = \\ = 0,66 \cdot 1,73 \cdot 6000 \cdot 152 \sqrt{(1 - 0,85^2)} = 548,5 \text{ кВар}.$$

Полная мощность асинхронного двигателя

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q^2} = \sqrt{885,1^2 + 548,5^2} = \sqrt{783402 + 300879,8} = 1041,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

КПД асинхронного двигателя

$$\eta = \frac{P_H}{S} = \frac{884,2}{1041,3} \cdot 100\% = 85\%.$$

2. Значения частоты $\alpha = \frac{f_1}{f_{1НОМ}} = \frac{30}{50} = 0,6$, момента

$\mu_c = \frac{M_c}{M_{сНОМ}} = \frac{11,6}{25,6} = 0,45$ и напряжения $\gamma = \frac{U_{12}}{U_{12НОМ}} = \frac{2400}{6000} = 0,4$.

Электрические и энергетические параметры установившегося режима работы для номинальных значений частоты $\alpha = 1$, момента сопротивления

$M_C = M_{C.НОМ} = 25,6 \text{ кНм}$ и напряжения $\gamma = 1$ представлены в предыдущем параграфе 4.2.

Механическая мощность на валу двигателя равно $P_H = M_{C(0,6)} \cdot \omega_{0,6} = 11,6 \cdot 62,8 \cdot 0,6 = 437 \text{ кВт}$.

Отношение максимального момента к моменту сопротивления на валу определим по формуле:

$$b_c = \frac{b_{ном} \cdot \gamma^2}{\mu_c \cdot \alpha^2} = \frac{2,3 \cdot 0,4^2}{0,45 \cdot 0,6^2} = 2,3,$$

Пренебрегая влиянием активного сопротивления статора при малых скольжениях, а также влиянием r_l на критическое скольжение, определим отношение тока ротора к его номинальному значению:

$$\frac{I_2}{I_{2ном}} = \sqrt{\mu_c \frac{b_{ном} + \sqrt{b_{ном}^2 - 1}}{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}} = \sqrt{0,45} = 0,67.$$

$$I_2 = 0,67 \cdot 162,7 = 109 \text{ А}.$$

Значение тока намагничивания I_μ с достаточной точностью можно определить по кривой намагничивания, которая дает зависимость между током и магнитным потоком (рис. 2.2). Для нашего случая

$\frac{\Phi}{\Phi_{ном}} \approx \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{0,4}{0,6} = 0,67$ и определим отношению по оси ординат $\frac{I_\mu}{I_{\mu ном}} = 0,64$ и

отсюда $I_\mu = 0,64 \cdot 92 = 58,9 \text{ А}$.

Ток статора можно определить без учета активных потерь холостого хода по следующей упрощенной формуле:

$$I_1 = \sqrt{(I_\mu + I_2 \sin \varphi')^2 + (I_2 \cos \varphi')^2} = \sqrt{(58,9 + 109 \cdot 0,075)^2 + (109 \cdot 0,962)^2} = \\ = \sqrt{4499,06 + 10995,2} = \sqrt{15494,8} = 124,1 \text{ A.}$$

$$\text{Где } \sin \varphi' = \frac{1}{\sqrt{2b_c(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 1,9(1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1})}} = \frac{1}{13,36} = 0,075, \\ \cos \varphi' = \sqrt{\frac{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}{2b_c}} = \sqrt{\frac{1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1}}{2 \cdot 1,9}} = 0,962.$$

Коэффициент мощности асинхронного двигателя приблизительно можно определить по формуле

$$\cos \varphi = \frac{I_2 \cdot \cos \varphi'}{I_1} = \frac{109 \cdot 0,962}{124,1} = 0,845.$$

Активная мощность асинхронного двигателя

$$P_1 = \gamma \cdot \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_H = 0,4 \cdot \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 124,1 \cdot 0,845 = 435,4 \text{ кВт.}$$

Потребляемая реактивная мощность асинхронного двигателя составляет

$$Q = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sin \alpha = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)} = \\ = 0,4 \cdot 1,73 \cdot 6 \cdot 124,1 \sqrt{(1 - 0,7649^2)} = 275,5 \text{ кВар.}$$

Полная мощность асинхронного двигателя

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q^2} = \sqrt{435,4^2 + 275,5^2} = \sqrt{189573,2 + 75912,8} = 515,3 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

КПД асинхронного двигателя

$$\eta = \frac{P_H}{S} = \frac{437}{515,3} \cdot 100\% = 85\%.$$

3. Значения частоты $\alpha = \frac{f_1}{f_{1НОМ}} = \frac{20}{50} = 0,4$, момента

$\mu_c = \frac{M_c}{M_{cНОМ}} = \frac{7,3}{25,6} = 0,3$ и напряжения $\gamma = \frac{U_{12}}{U_{12НОМ}} = \frac{1260}{6000} = 0,21$.

Электрические и энергетические параметры установившегося режима работы для номинальных значений частоты $\alpha = 1$, момента сопротивления $M_c = M_{c.НОМ} = 25,6 \text{ кНм}$ и напряжения $\gamma = 1$ представлены в предыдущем параграфе 4.2.

Механическая мощность на валу двигателя равно $P_H = M_{c(0,4)} \cdot \omega_{0,4} = 7,3 \cdot 62,8 \cdot 0,4 = 183,4 \text{ Вт}$.

Отношение максимального момента к моменту сопротивления на валу определим по формуле:

$$b_c = \frac{b_{НОМ} \cdot \gamma^2}{\mu_c \cdot \alpha^2} = \frac{2,3 \cdot 0,22^2}{0,3 \cdot 0,4^2} = 2,3,$$

Пренебрегая влиянием активного сопротивления статора при малых скольжениях, а также влиянием r_l на критическое скольжение, определим отношение тока ротора к его номинальному значению:

$$\frac{I_2}{I_{2НОМ}} = \sqrt{\mu_c \frac{b_{НОМ} + \sqrt{b_{НОМ}^2 - 1}}{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}} = \sqrt{0,3} = 0,55.$$

$$I_2 = 0,55 \cdot 162,7 = 89,5 \text{ А}.$$

Значение тока намагничивания $I_{\mu c}$ достаточной точностью можно определить по кривой намагничивания, которая дает зависимость между током и магнитным потоком (рис. 2.2). Для нашего случая значения

относительного магнитного потока $\frac{\Phi}{\Phi_{ном}} \approx \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{0,22}{0,4} = 0,55$, определим

отношение $\frac{I_{\mu}}{I_{\mu ном}} = 0,48$ и отсюда $I_{\mu} = 0,48 \cdot 92 = 44,2 A$.

Ток статора можно определить без учета активных потерь холостого хода по следующей упрощенной формуле:

$$I_1 = \sqrt{(I_{\mu} + I_2 \sin \varphi')^2 + (I_2 \cos \varphi')^2} = \sqrt{(44,2 + 89,5 \cdot 0,075)^2 + (89,5 \cdot 0,962)^2} = \\ = \sqrt{2592 + 7413,1} = \sqrt{10005,1} = 100 A.$$

$$\text{Где } \sin \varphi' = \frac{1}{\sqrt{2b_c(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 1,9(1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1})}} = \frac{1}{13,36} = 0,075,$$

$$\cos \varphi' = \sqrt{\frac{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}{2b_c}} = \sqrt{\frac{1,9 + \sqrt{1,9^2 - 1}}{2 \cdot 1,9}} = 0,962.$$

Коэффициент мощности асинхронного двигателя приблизительно можно определить по формуле

$$\cos \varphi = \frac{I_2 \cdot \cos \varphi'}{I_1} = \frac{89,5 \cdot 0,962}{100} = 0,861.$$

Активная мощность асинхронного двигателя

$$P_1 = \gamma \cdot \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 0,22 \cdot \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 100 \cdot 0,861 = 196,6 \text{ кВт}.$$

Потребляемая реактивная мощность асинхронного двигателя составляет

$$Q = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sin \alpha = \gamma \cdot \sqrt{3} U_{л} I_1 \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)} = \\ = 0,22 \cdot 1,73 \cdot 6 \cdot 100 \sqrt{(1 - 0,861^2)} = 116,2 \text{ кВАр}.$$

Полная мощность асинхронного двигателя

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q^2} = \sqrt{196,6^2 + 116,2^2} = \sqrt{38651,6 + 13509,5} = 278 \text{кВ} \cdot \text{А}.$$

КПД асинхронного двигателя

$$\eta = \frac{P_H}{S} = \frac{183,8}{278} \cdot 100\% = 66\%.$$

На основании полученных данных статического режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа для различных значений момента сопротивления на валу двигателя перепишем в табл. 4.2.

	Табл. 4.2			
α	1,0	0,8	0,6	0,4
$I_1, \text{А}$	187	152	124,1	100
$I_2, \text{А}$	162,7	135	109	89,5
$I_\mu, \text{А}$	92,2	69	58,9	44,2
$P_1, \text{кВт}$	1689,5	885,5	435,4	196,6
$Q, \text{кВАр}$	697,9	548,5	275,5	116,2
$S, \text{кВА}$	1989,5	1041,3	515,3	278
$\cos\varphi$	0,87	0,85	0,845	0,86
η	0,945	0,85	0,85	0,8

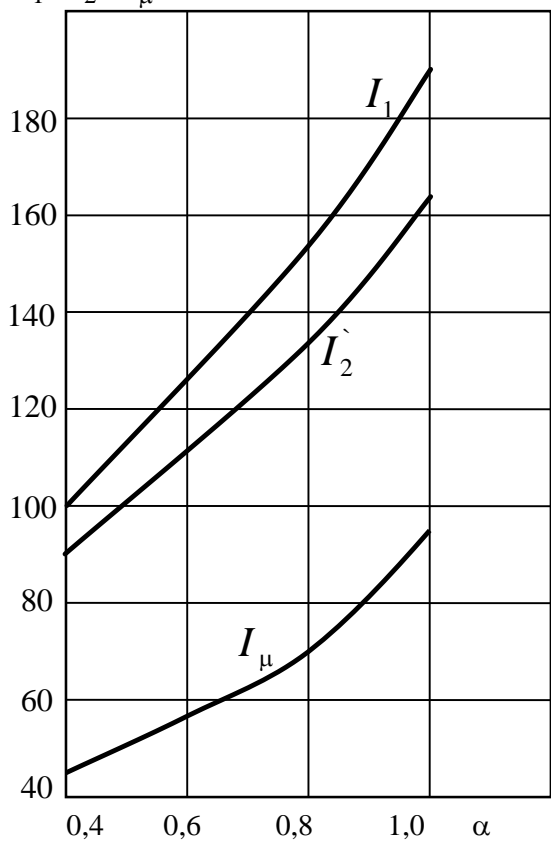
Графики изменения токов статора, ротора и намагничивания; активных, реактивных и полных мощностей, а также коэффициентов мощности и полезного действия в функции частоты представлены на рис. 4.9а,б,в.

Анализ основных электрических и энергетических параметров статического режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа показывает, что при изменении статического момента на валу двигателя они изменяются по нелинейному закону. Токи статора, ротора

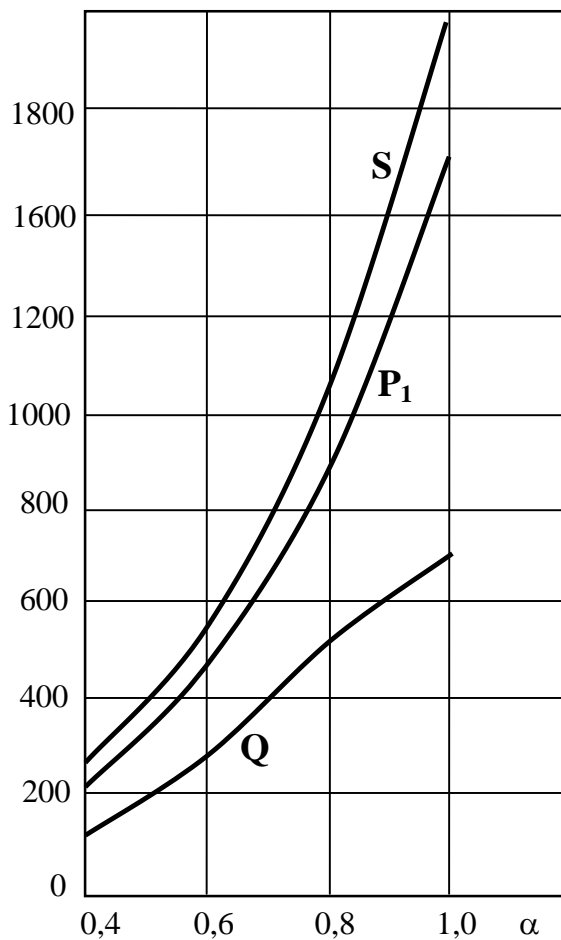
и намагничивания (рис. 4.9а), также активная, реактивная и полная мощности АД (рис. 4.9б) имеют нарастающего характера с увеличением частоты напряжения статорной обмотки АД. Так как момент сопротивления дымососа прямо пропорционально квадрата скорости то есть $M_c \equiv \omega_c^2$.

S, P₁, Q, кВА, кВт, кВАр

I_1, I_2, I_μ, A



а)



б)

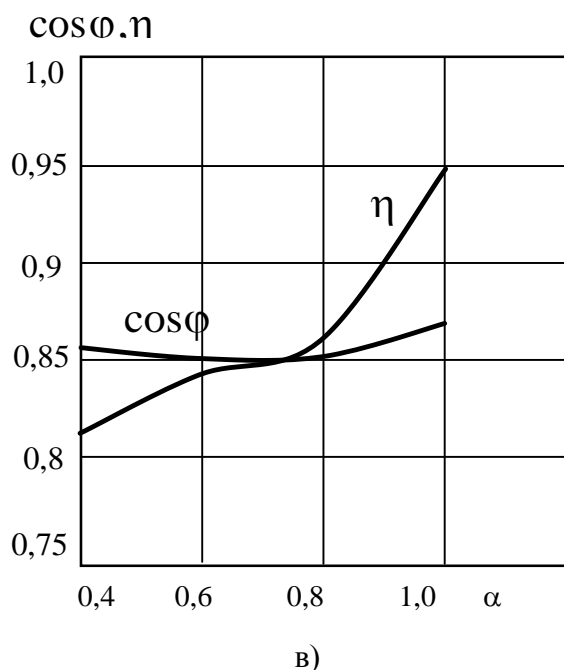


Рис. 4.9. Графики изменения основных электрических и энергетических параметров частотно-регулируемого АД дымососа в функции частоты

Благодаря использованию экономичного закона частотного управления во всем диапазоне регулирования частоты коэффициент мощности двигателя почти не изменяется, что положительно влияет на его эксплуатационные показатели.

4.4. ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОГО ПУСКА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

При исследовании переходных процессов в частотно-регулируемых асинхронных двигателях можно пренебрегать электромагнитными переходными процессами и можно ограничиваться электромеханическими процессами. Так как время установления электромагнитных процессов пренебрежимо мало по сравнению с механическими процессами изменения скорости и момента.

Рассмотрим качественную сторону переходных процессов пуска и торможения асинхронного двигателя при управлении плавным изменением

частоты в режиме $\frac{\sqrt{\mu_c} \cdot U}{f}$.

С этой целью воспользуемся методом фазовых траекторией, в координатах механических характеристик двигателя скорость – момент (см. рис. 4.8).

Данная координата устанавливает соотношение между параметрами АД и его статической и динамической нагрузкой, описываемой при переходных процессах траекторией, изображающей точки ω, M с временем t в качестве параметра.

Пусть цикл частотного управления – пуск и торможение начинается с процесса пуска увеличением частоты статора при включенном состоянии на преобразователя частоты (ПЧ) неподвижном АД (рис. 4.10, точка O). С возрастанием частоты, то есть параметра управления α , момент АД растет, переходя с одной характеристики $\alpha = const$ на другую при неподвижном АД, то есть $\beta = 0$. Когда он превысит значение, равное статическому моменту (точка 1), АД начинает разбег. В этой граничной точке, как и во всей рассматриваемой области неподвижного АД, то есть $\alpha = \beta$, так как скорость ротора $\omega = 0$.

С дальнейшим повышением частоты изображающая точка ω_1, M , переходя с одной характеристики $\alpha = const$ на другую, опишет в плоскости механических характеристик некоторую кривую – траекторию, для которой время является параметром.

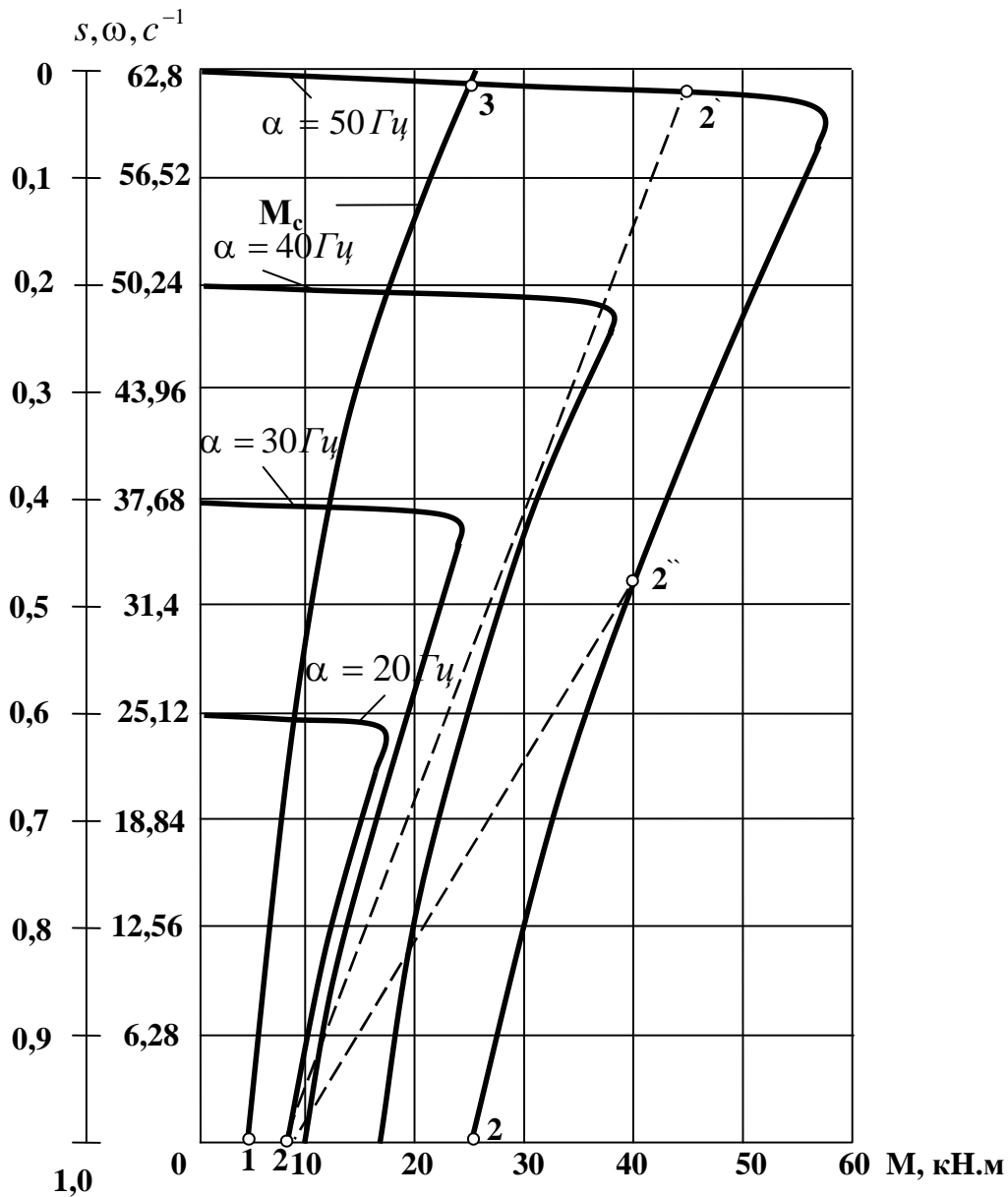


Рис. 4.10.

Когда частота достигает верхнего постоянного значения, например при $\alpha = 1$, траектория изображающей точки выходит на соответствующую механическую характеристику точке **2**. далее пуск заканчивается при постоянной частоте и изображающая точка **2** перемещается по этой механической характеристике (например, $\alpha = 1$), от граничной точки **2'** к точке установившегося состояния **3**, где $M = M_{СТ}$, $\omega = \omega_{УСТ}$. Положение точки **2'**, разграничивающей область частотного пуска от области пуска при постоянной частоте, зависит от скорости нарастания частоты, то есть от $\frac{df_1}{dt}$.

В одном предельном случае весьма медленного увеличения частоты точка **2** переходит из точки **1** в точку **3** по прямой $M = M_{СТ}$.

В другом предельном случае бесконечно быстрого увеличения частоты скачком до установившегося значения имеем пуск прямым включением и траекторией, изображающей точки в области частотного пуска, является отрезок 1 – 2 оси абсцисс.

Из рассмотрения траекторией изображающей точки нетрудно установить, что, в зависимости от скорости нарастания частоты, то есть ускорения вращающегося поля АД, можно различать два режима частотного пуска: «мягкий» и «жесткий».

При малых ускорениях вращающегося поля весь процесс пуска происходит при скольжениях, меньших опрокидывающего $s > s_k$, (траектория 1 – 2), то есть изображающая точка переходит с одной характеристики $\alpha = const$ на другую, оставаясь всегда на устойчивой части характеристики. Такой режим называется мягким.

При больших ускорениях вращающегося поля весь процесс частотного пуска происходит при скольжениях, больших критического ($s > s_k$, траектория 1 – 2), то есть неустойчивой части характеристик $\alpha = const$; тогда мы имеем жесткий режим пуска.

Граница между этими двумя областями траекторий дает такой режим пуска, при котором изображающая точка переходит с одной характеристики на другую в точках опрокидывающего момента и соответствующего ему скольжения M_k, s_k каждой характеристики, описывая траекторию 1 – 2 (рис. 5.1) с параметром α .

Так как в этом граничном режиме, который называется критическим, момент АД имеет максимальное значение при любом значении нарастающей частоты, продолжительность пуска в области переменной частоты будет минимальной.

Предельному случаю торможения, то есть при мгновенной остановке вращающего поля, соответствует динамическое торможение, при котором в статор включается постоянный ток, возбуждающий неподвижное поле.

Соответствующий закон изменения частоты во времени, и ускорение вращающего поля также называется критическими.

Аналитическое исследование переходных процессов частотного управления представляет значительные трудности, так как нелинейная задача усложняется наличием двух переменных, в функции которых изменяется момент АД: параметра управления α и параметра абсолютного скольжения β .

Переходные процессы в общем случае описываются следующей системой уравнений:

$$M = \varphi(\alpha, \beta); \quad (4.8)$$

$$M = M_{CT} + J \frac{d\omega}{dt}; \quad (4.9)$$

$$\omega = \omega_{1НОМ} (\alpha - \beta); \quad (4.10)$$

$$\alpha = \psi(t). \quad (4.11)$$

Параметр частоты α в данном случае управления по разомкнутому циклу является независимой, заданной функцией времени.

Подставив в уравнение движения (4.9) угловую скорость АД ω из (4.10), получим одно уравнение

$$M = M_{CT} + J\omega_{1НОМ} \frac{d\alpha}{dt} - J\omega_{1НОМ} \frac{d\beta}{dt}, \quad (4.12)$$

в котором, динамический момент распадается на две составляющие соответственно двум составляющим скорости. Одна из них

$$M_{j\alpha} = J\omega_{1НОМ} \frac{d\alpha}{dt} = J \frac{d\omega_1}{dt} = J\varepsilon$$

обусловлена изменением частоты статора, то есть угловой скорости вращающего поля. Она равна такому значению динамического момента, которое развил бы АД, если бы его ротор разгонялся с постоянным скольжением.

Эту составляющую называются синхронным динамическим моментом.

Вторая составляющая

$$M_{j\beta} = J\omega_{1НОМ} \frac{d\beta}{dt} = J \frac{d\omega_{\Delta}}{dt} = 2\pi J \frac{df_2}{dt}$$

зависит от скорости изменения абсолютного скольжения ротора и называется динамическим моментом скольжения.

При пуске включением АД на напряжение постоянной частоты первая составляющая равна нулю, а вторая имеет знак, противоположный знаку момента АД и совпадающий со знаком статического момента, так как абсолютное скольжение в этом случае уменьшается. При пуске изменением частоты первая составляющая имеет знак, противоположный знаку момента АД и одинаковый со знаком статического момента, и вторая арифметически суммируется с моментом АД, так как абсолютное скольжение растет. Такое соотношение момента объясняется тем, что при пуске с постоянной частотой ускорение ротора достигается только за счет динамического момента скольжения. При пуске же с переменной частотой ускорение ротора обеспечивается за счет возрастания скорости вращающего поля, увеличивающего запас кинетической энергии ротора, в соответствии, с чем синхронный момент и имеет отрицательный знак. Скольжение ротора относительно поля замедляет нарастание скорости ротора и снижает темп накопления им кинетической энергии в зависимости от динамического

момента скольжения, который имеет, поэтому один знак с моментом двигателя.

Поэтому синхронного динамического момента можно рассматривать как некоторый фиктивный статический момент, определяющийся заданным законом изменения параметра управления α .

На этом основании уравнение (5.4) можно записать в виде

$$M = M_{ст,ф} - J\omega_{ном} \frac{d\beta}{dt},$$

где $M_{ст,ф} = M_{ст} + J\omega_{ном} \frac{d\alpha}{dt}$ — полный фиктивный статический момент.

Переходные процессы, протекающие в мягком режиме, можно исследовать аналитически, если сделать некоторые допущения, вполне приемлемые для практических целей.

Из рассмотрения механических характеристик рис. 5.1 видно, что все кривые $\alpha = const$ в области малых скольжений $s < s_k$ конгруэнтны, а все кривые момента в зависимости от параметра абсолютного скольжения имеют общую касательную с кривой момента при номинальной частоте в начальной точке $\omega = 0, M = 0$.

Поэтому, если в мягком режиме пуска ускорение вращающего поля АД не превосходит некоторого значения, которое несколько меньше критического s_k , то траектория изображающей точки на плоскости M, β , переходя с одной кривой $\alpha = const$ на другую, остается в окрестностях кривой момента при номинальной частоте ($\alpha = 1$) и может быть аппроксимирована некоторой прямой.

Следовательно, момент АД в мягком режиме частотного управления можно выразить линейным уравнением

$$M = K_{\beta} \beta, \quad (4.13)$$

Коэффициент пропорциональности K_{β} можно принять равным отношению номинального момента к номинальному скольжению

$$K_{\beta} = \frac{M_{НОМ}}{s_{НОМ}}.$$

Подставляя в (5.5) β из (5.3), получим линейное выражение механической характеристики АД для мягкого режима частотного управления

$$M = K_{\beta} \alpha - \frac{K_{\beta}}{\omega_{1НОМ}} \omega.$$

Уравнение движения привода (4.11) можно теперь записать в общем виде через параметр абсолютного скольжения β :

$$K_{\beta} \beta + J \omega_{1НОМ} \frac{d\beta}{dt} = M_{СТ} + J \frac{d\omega_1}{dt} \quad (4.14)$$

или же, используя (5.3), через скорость АД как

$$K_{\beta} \alpha(t) = M_{СТ} + \frac{K_{\beta}}{\omega_{1НОМ}} \omega + J \frac{d\omega}{dt}. \quad (4.15)$$

Рассмотрим процесс частотного пуска асинхронного двигателя АОД-1600-10У1 дымососа Ташкентской ТЭС для случая линейного изменения во времени частоты статора ($\varepsilon = const$).

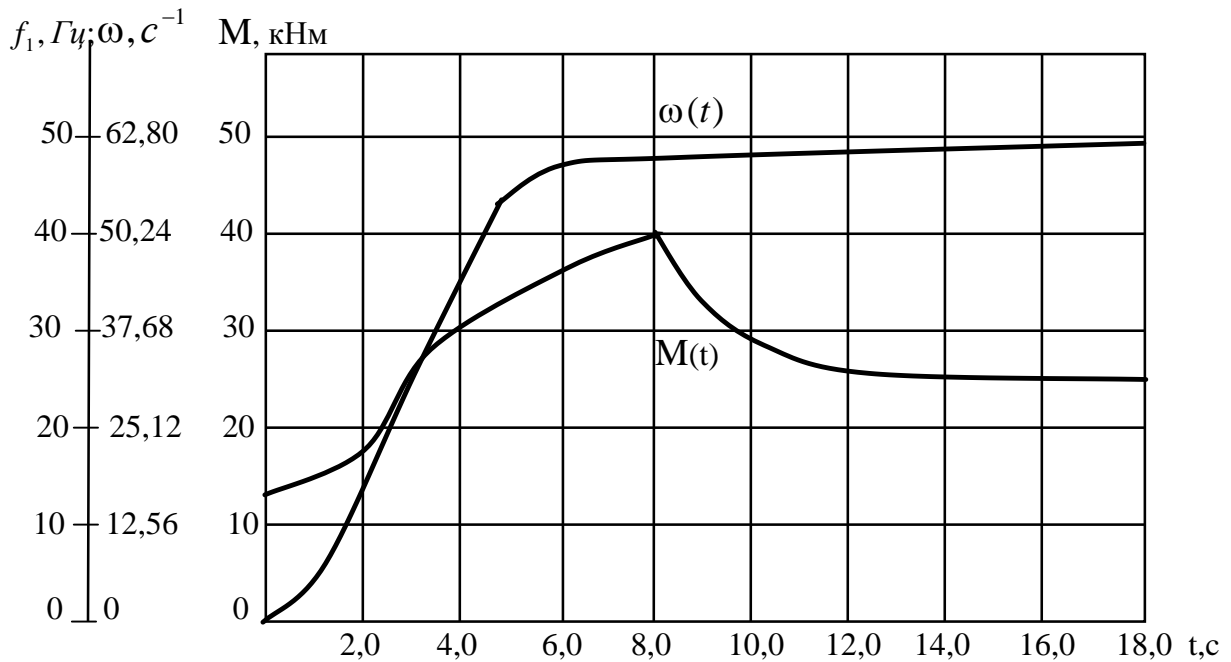


Рис. 4.11.

Интегрирование уравнений (4.14) и (4.15) дает следующие выражения для пуска при изменении частоты от момента трогания $t = t_3$, (рис. 4.11).

Параметр абсолютного скольжения β изменяется при пуске по закону

$$\beta = \frac{M_{CT} + J\varepsilon}{K_\beta} (1 - e^{-\frac{t}{T_{НОМ}}}) + \beta_0 e^{-\frac{t}{T_{УОМ}}}, \quad (4.16)$$

где $T_{НОМ} = \frac{J\omega_{НОМ} s_{НОМ}}{M_{НОМ}}$ — электромеханическая постоянная времени, отнесенная к номинальному моменту.

Определим значения уравнения (4.16):

$$K_\beta = \frac{M_{НОМ}}{s_{НОМ}} = \frac{25,6}{0,057} = 449,12 \text{ кВм} / \text{с}^{-1}; M_{СТ.пуск} = 25,6 \text{ кНм};$$

$$J = 12500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \quad \varepsilon = 8,0; \quad T_{НОМ} = \frac{J\omega_{1НОМ}S_{НОМ}}{M_{НОМ}} = \frac{12500 \cdot 61 \cdot 0,0057}{25600} = 1,7 \text{ с}$$

$$\text{и определим } \beta_0 = \frac{M_{СТ}}{K_{\beta}} = \frac{25,6}{449,12} = 0,057.$$

Уравнение скорости АД при частотном пуске согласно (4.10) будет:

$$\omega = \varepsilon \left[t - T_{НОМ} (1 - e^{-\frac{t}{T_{НОМ}}}) \right] = 8 \left[t - 0,017(1 - e^{-\frac{t}{1,7}}) \right],$$

а уравнение момента АД, на основании (4.11)

$$M = M_{СТ}(f_1) + J\varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{T_{НОМ}}}) = M_{СТ}(f_1) + 1200 \cdot 8(1 - e^{-\frac{t}{1,7}}).$$

Задаваясь значением времени в секундах в t в этих формулах определим изменения скорости $\omega(t)$ и момента $M(t)$ при мягком частотном пуске частотно-регулируемого АД дымососа (см. рис. 4.11).

При торможении до полной остановки в интервале, когда частота и момент АД обратятся в нуль, имеет место режим свободного выбега. Кинетическая энергия вращающихся масс будет затрачиваться только на преодоление статического момента.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Представлена методика расчета основных электрических, энергетических и механических параметров частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа и их анализированы.

2. Представлена методика расчета динамического режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа на основе упрощенной математической модели асинхронного двигателя.

5. РАЗРАБОТКА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЫМОСОСА

5.1. СОСТАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Для реализации экономичного управления частотно-регулируемым АД дымососа необходимо разработать регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя частоты высокого напряжения. В экономичном законе управления преобразователем частоты необходимо разработать и внедрить дополнительные блоки в системе управления преобразователя частоты. Дополнительными блоками являются датчик тока ДТ, преобразователь момента ДМ, функциональный преобразователь ФП и датчик частоты ДЧ.

На рис. 5.1 представлена функциональная схема частотно – регулируемого асинхронного электропривода дымососа, работающая в режиме экономичного управления преобразователем частоты. Данная функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода работает следующим образом.

Пуск частотно-регулируемого асинхронного электропривода осуществляется в разомкнутой схеме, получаемым сигналом от задатчика интенсивности ЗИ при определенной частоте или производится частотный пуск исходя из условия пуска производственного механизма.

В установившемся режиме, работы асинхронного электропривода для определенной значения частоты, на входе блока управления напряжением БУН появляется сигнал $U = \gamma = \alpha \cdot \sqrt{\mu_c}$ сформулированные в функциональном преобразователе ФП полученных сигналов из датчика частоты ДЧ и преобразователя момента ПМ. Сигнал, получаемый эквиваленту момента в ПМ формулируется с сигналом тока статора получаемый датчика тока ДТ.

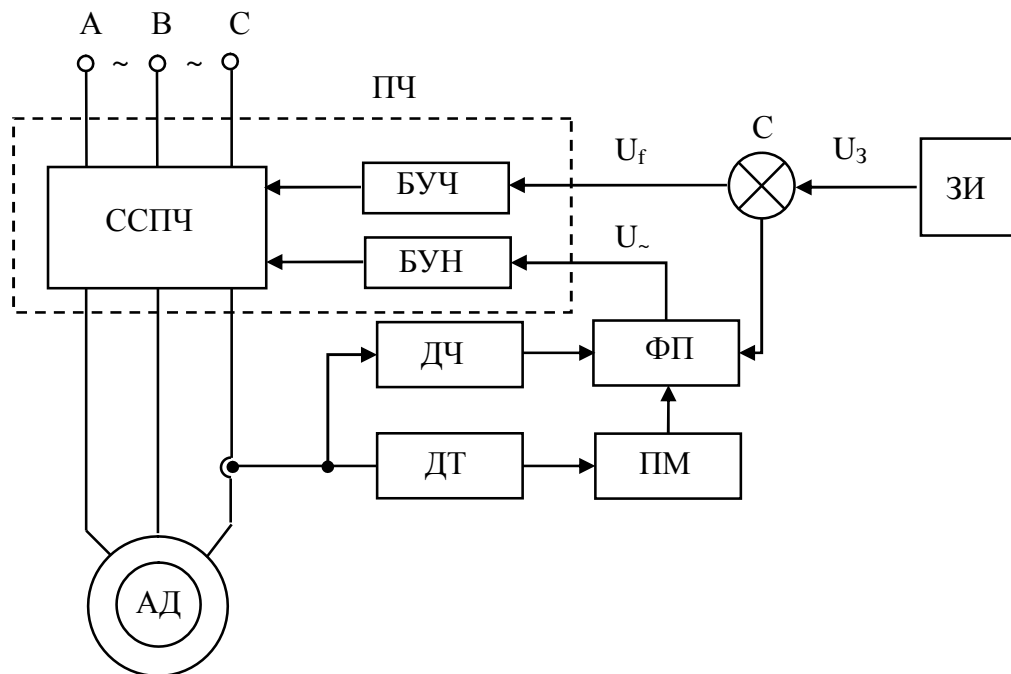


Рис. 5.1. Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода реализуемый экономичный закон управления преобразователем частоты:

ПЧ – преобразователь частоты; ССПЧ – силовая схема преобразователя частоты; АД – асинхронный двигатель; БУЧ – блок управления частотой; БУН – блок управления напряжением; С – сумматор; ЗИ – задатчик интенсивности; ДЧ – датчик частоты; ДТ – датчик тока; ПМ – преобразователь момента; ФП – функциональный преобразователь

Разработанная функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа позволяет реализовать экономичного управления преобразователем частоты для диапазона регулирования частоты от 20 по 50 Гц и можно экономит электроэнергию от 15 по 35 %.

5.2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Применение в качестве электроприводов дымососов частотно-регулируемых асинхронных электроприводов с высоковольтными полупроводниковыми преобразователями частоты обеспечивают:

- полное устранение токовых перегрузок двигателя и исключение проскальзывания ремней;
- осуществляется плавный частотный пуск асинхронного двигателя с минимальными потерями электроэнергии;
- снижение потребляемой электроэнергии на 10%...50% благодаря отказу от регулирования шиберами;
- автоматическое поддержание давления и разряжения в воздухопроводах при изменениях режимов работы оборудования;
- исключение необходимости перезапуска всего технологического процесса после кратковременных отключений питающей сети благодаря безударному повторному включению на вращающийся двигатель (функция "подхват");
- возможность точной дозировки и повышение КПД процессов горения.

В результате расход топлива снижается на 3%...10% при той же производительности котла.

Основу разработанной системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода составляет частотно-регулируемый высоковольтный преобразователь частоты ABS-DRIVE.

ABS-DRIVE - это серия высоковольтных преобразователей частоты для регулирования скорости асинхронных и синхронных электродвигателей переменного тока, разработанных и производимых ОАО "ВНИИР" в составе международной группы компаний АВС Холдингс.

Преобразователи частоты ABS-DRIVE соответствует самым жестким требованиям стандарта IEEE 519 1992 относительно гармонического искажения тока и напряжения. Приводы этой серии также защищают другое

сетевое оборудование (например, компьютеры, телефоны и осветительные приборы) от гармонических искажений.

Преобразователи частоты ABS-DRIVE обеспечивают:

соответствующие требуемым режимам работы технологического оборудования, что исключает избыточное потребление электродвигателем электроэнергии из сети и ее дальнейшее рассеивание в передаче. Так же снижаются потери в двигателе при снижении его нагрузки.

Преобразователи частоты ABS-DRIVE рассчитаны на работу с синхронными и асинхронными электродвигателями мощностью до 5000 кВт.

Основные особенности конструкции и принцип работы:

преобразователи ABS-DRIVE предотвращают "перекрестные искажения", возникающие в результате взаимодействия с другими преобразователями частоты, выпрямительными устройствами и т.д., подключенными к той же сети электроснабжения.

Коэффициент электрической мощности – это отношение тока, составляющего активную мощность, к нагрузке и этот параметр равен 95%. Благодаря использованию многообмоточного входного трансформатора и "многоячейстой" структуры силовой схемы потребляемый преобразователем частоты ток имеет практически "синусоидальную" форму что обеспечивает соответствие показателей качества сети требованиям ГОСТ 13109-97. Не происходит перегрузки по реактивной мощности питающих линий, выключателей и трансформаторов. При работе с низкой скоростью преобразователи серии ABS-DRIVE являются наиболее эффективными, потому что на всем скоростном диапазоне поддерживается стабильно высокий коэффициент электрической мощности с использованием стандартных асинхронных двигателей.

Преобразователи ABS-DRIVE предотвращают возникновение вредных гармоник, вызывающих нагрев двигателя. Пульсация крутящего момента при работе привода также отсутствует (даже на малой скорости), что снижает

нагрузку на механическое оборудование. Значения градиента напряжения в обычном режиме и dU/dt также снижены до минимума.

Преобразователь частоты состоит из интегрированного входного трансформатора, секции силовых ячеек и секции микроконтроллерного оборудования. На 6 и 6,6 кВ используются 15, 18 или 21 ячейка, соединенных последовательно по 5, 6 или 7 шт. в каждой фазе. На 10 и 11 кВ используются 24 или 27 ячеек, соединенных последовательно по 8 или 9 шт. в каждой фазе.

Основные преимущества преобразователей частоты ABS-DRIVE:

- Многоуровневая схема формирования выходного напряжения обеспечивает синусоидальную форму выходного тока при полном отсутствии высших гармоник;

- Интегрированный силовой многообмоточный трансформатор в составе единого щита и новейшая схема построения преобразовательной части обеспечивают синусоидальность потребляемого тока и полное отсутствие влияния на питающую сеть высших гармоник;

- Повышенная надежность работы, т.к. даже в случае отказа нескольких силовых ячеек продолжится регулирование электродвигателя со снижением выходной мощности до планового ремонта преобразователя;

- Отсутствие необходимости установки выходных фильтров электродвигателя для улучшения формы выходного тока;

- Эффективная система защит и система самодиагностики неисправностей:

 - от коротких замыканий внутри и на выходе преобразователя частоты
время-токовая защита;

 - максимально-токовая защита;

 - от перегрева выпрямителя, инвертора и узла сброса энергии, в том числе при исчезновении принудительной вентиляции;

 - от перегрева двигателя (при наличии встроенного термодатчика);

 - от перенапряжений;

 - от исчезновения напряжения сети, в том числе от обрыва фазы;

от недопустимого повышения и понижения напряжения сети;
защита при отказе силовой ячейки с одновременным ее шунтированием,
понижением выходной мощности и сохранением регулирования
электродвигателя;

от открытия дверей щита.

- Встроенный многофункциональный ПИД-регулятор,
обеспечивающий эффективное автоматическое регулирование
технологического параметра (давления, расхода, температуры и др.);

- Возможность комплектования и согласованной работы широкой
гаммы дополнительного оборудования: (шкафы ШКА и ШРВУ, местные и
дистанционные пульты операторов, высоковольтные электродвигатели,
ячейки КРУ и КСО, технологическое оборудование и т.д.).

Состав преобразователя частоты

На рис. 5.2 представлена функциональная схема частотно-
регулируемого асинхронного электропривода дымососа на основе
преобразователя частоты ВПЧА.

Основными входные и выходные технические параметры ВПЧА:

Номинальная мощность, кВт 1800

Напряжение питающей сети (трехфазное, переменное), В 6000

Частота питающей сети, Гц 50+ 2 %

Напряжение питания собственных нужд, В

(трехфазное с нейтралью, переменное) 380

Номинальное выходное напряжение, В 6000

Частота выходного напряжения, Гц 5 ... 50

Коэффициент полезного действия, % 95

Режим работы длительный

Способ охлаждения воздушный

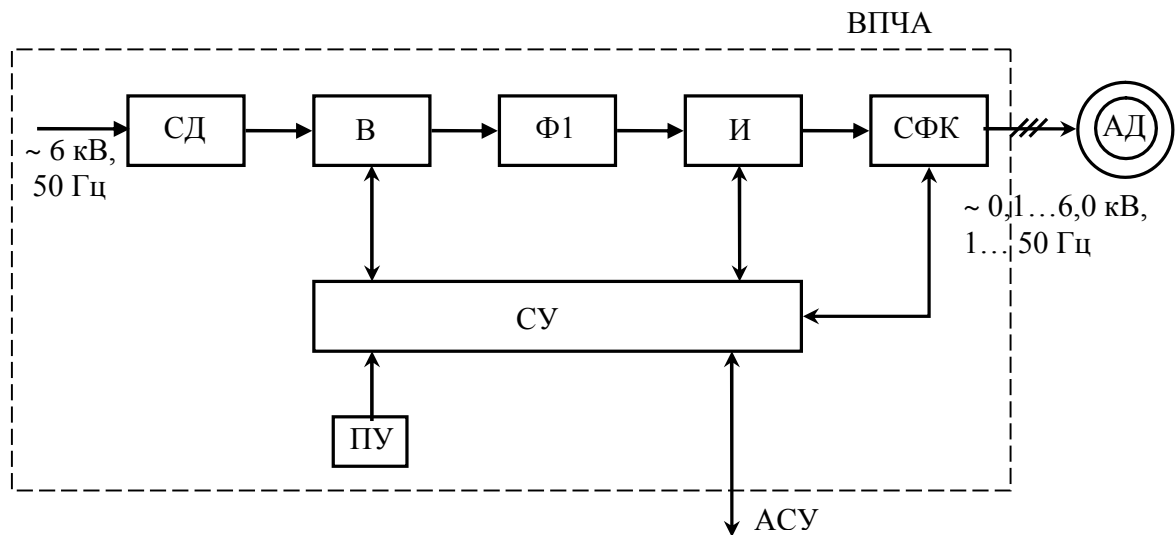


Рис. 5.2. Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа на базе ВПЧА

Состав ВПЧА и выполняемые их функции :

- сетевые дроссели (СД), предназначенные для ограничения токов короткого замыкания, снижения скорости коммутации и ограничения обратного тока тиристоров;

- управляемый трехфазный мостовой выпрямитель (В), предназначенный для выпрямления сетевого напряжения, стабилизации напряжения в звене постоянного тока и осуществления плавного пуска двигателя. Выпрямитель ВПЧА собран из высоковольтных тиристорных вентилей, состоящих из нескольких последовательно соединенных тиристоров;

- фильтр звена постоянного напряжения (Ф1);

- трехфазный мостовой инвертор (И), предназначенный для преобразования выпрямленного напряжения в переменное с требуемыми значениями частоты и напряжения. Вентили инвертора построены на базе последовательно соединенных IGBT-модулей с защитными цепями;

- силовой компенсирующий фильтр (СФК), предназначенный для фильтрации выходного ступенчатого напряжения и тока инвертора.

- система управления (СУ) с пультом управления (ПУ), конструктивно выполнена на двери одного из шкафов преобразователя. На лицевой панели

пульта управления расположены дисплей и клавиатура для задания режимов электропривода и диагностики его состояния.

Функционирования преобразователя

Преобразователь функционирует следующим образом. Сетевое напряжение выпрямляется в выпрямителе В и сглаживается в промежуточном фильтре Ф1. Синусоидальное (в среднем) напряжение формируется в ВПЧА при помощи инвертора И с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Пульсации ШИМ сглаживаются фильтром СФК, поэтому напряжение на выходе ВПЧА синусоидальное. Содержание высших гармоник в нем не выше, чем в сетевом напряжении (не более 5 %) и двигатель в установленном режиме работает как при питании от сети - без добавочных потерь. В переходных режимах амплитуда и частота напряжения формируются по принципу векторного управления, обеспечивая оптимальный режим двигателя в процессе пуска при изменениях уставки скорости (производительности).

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Разработан частотно-регулируемый асинхронный электропривод дымососа, обеспечивающий управления преобразователем частоты по экономичному закону, который способствует экономии электроэнергии во всем диапазоне регулирования частоты.

2. Анализированы комплектация, работа и возможности высоковольтного преобразователя частоты, который является основой частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа.

3. Разработанная функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа позволяет реализовать экономичного управления преобразователем частоты для диапазона регулирования частоты от 20 по 50 Гц и можно экономит электроэнергию от 15 по 35 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения магистерской диссертации по модернизации дымососа 7-блока Таш ТЭС были получены следующие основные выводы и результаты:

1. Анализированы функционирования основных технологических и электрических ооборудований собственных нужд ТЭС.

2. Даны основные технические характеристики асинхронных двигателей дымососов установленных в котлоагрегатах Таш ТЭС и их режимы работы.

3. Анализируется особенности технологического процесса сжигания природного газа в топке парового котла.

4. Определены основные способы управления производительности дымососов и дутьевых вентиляторов для нормальной работы паровых котлов.

5. Анализированы работы основных технологических ооборудований Ташкентской ТЭС и их назначения и особенно рассмотрена роль дымососа в целом в технологическом процессе получения электрической и тепловой энергии.

6. Анализированы работы дымососа с различными способами регулирования подачи на его выходе выбрасываемых в атмосферу вредных летучих примесей отходов горения и определены из потребления электроэнергии.

7. Обоснован выбор системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода для дымососа, которая позволяет значительно экономит электроэнергию и оптимизации процесса горения в топке.

8. Представлена методика расчета основных электрических, энергетических и механических параметров частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа и их анализированы.

9. Представлена методика расчета динамического режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя дымососа на основе упрощенной математической модели асинхронного двигателя.

10. Разработан частотно-регулируемый асинхронный электропривод дымососа, обеспечивающий управления преобразователем частоты по экономичному закону, который способствует экономии электроэнергии во всем диапазоне регулирования частоты.

11. Анализированы комплектация, работа и возможности высоковольтного преобразователя частоты, который является основой частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа.

12. Разработанная функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода дымососа позволяет реализовать экономичного управления преобразователем частоты для диапазона регулирования частоты от 20 по 50 Гц и можно экономит электроэнергию от 15 по 35 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Каримов И.А. Доклад президента РУз на заседании кабинета Министров. Т.: Правда Востока от 30.01.2010г. № 21 (26715).
2. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. М.: Энергоатомиздат, 1982. 216 с.
2. Алабовский А.И., Анцев Б.В., Романовский С.А. Газоснабжение и очистка промышленных газов. Киев: Вища школа, 1985. 156 с.
3. Вахвахов Г.Г. Энергосбережение и надежность вентиляторных установок. М.: Стройиздат, 1989. 176 с.
4. Волков Э.П., Сапаров М.И., Фетисова Е.И. Определение предельно допустимых выбросов ТЭС. М.: изд-во МЭИ, 1986. 86 с.
5. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1986. 146 с.
6. Вольфберг Д.Б., Макаров А.А. Рациональное использование и экономия топливно-энергетических ресурсов // Современные проблемы энергетики // Под ред. Д.Г. Жимерина. М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Имамназаров А.Т., Розметова Н.Д. Энергосбережение в дымососах посредством частотно-регулируемого электропривода// Техника юлдузлари, № 1-2, 2010. с. 43-46.
8. Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Оптимал бошқариладиган асинхрон электр юритмаларнинг математик модели. В сб. Междун. НТК «Совр. сос. и персп. разв. энергетики»,Ташкент, ТГТУ, 2011.
9. Куликов Н.Г., Бережнов И.А. Справочник по газоснабжению. Киев: Будивельник, 1979.234 с.
10. Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергии в промышленности. Справочник. М.: Энергия, 1978, 120 с.
11. Максимов А.А. Экономия электрической и тепловой энергии в промышленных предприятиях. М.: Энергия, 1968. 255 с.

12. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / составители Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов Л.: Химия, 1985. 178 с.

13. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. 4 книга / Под общ. ред. В.А. Григорьева и А.В. Зорина – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 588с.

14. Рихтер Л.А., Лавыгин В.М., Елизаров Д.П. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 112 с.

15. Хамудханов М.З., Хашимов А.А. Теория и методы расчета частотно-регулируемых асинхронных электроприводов. Ташкент: ФАН, 1969. 230 с.

16. Хашимов А.А. Режимы работы частотно-регулируемых асинхронных электроприводов/ Ташкент: Фан, 1987, 176 с.

17. Хашимов А.А., Серов А.Е., Имамназаров А.Т. Электромагнитные и тепловые процессы в частотно-регулируемых асинхронных электродвигателях. В книге – Автоматизированные электроприводы, силовые полупроводниковые приборы, преобразовательная техника. М.: Энергоатомиздат, 1983. С. 223-231.

18. Чепель В.П., Шур И.А. Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1980. 591 с.

19. Стогней В.Г., Кирку А.Т. Экономия теплоэнергетических ресурсов на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 1991, 112с.

20. Спейшер В.А., Горбатенко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. М.: Энергоиздат, 1982. 234 с.

21. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. М: Энергоатомиздат, 1985. 284 с.

22. Ҳошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. Олий ўқув юртлари учун дарслик. – Тошкент: ЎАЖБНТ Маркази, 2004. 96 с.

23. Эффективное использование электроэнергии / Под ред. К. Смита: пер. с англ. Под ред. Д.Б. Вольфберга. М.: Энергоиздат, 1981, 400 с.

24. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarning elektr jihozlari. Toshkent: «Ilm ziyosi», 2006.

25. Imomnazarov A.T. Elektromexanik tizimlarning elementlari. Oliy o`quv yurtlari uchun darslik. Toshkent: «Talqin», 2009.

26. Имамназаров А.Т., Розметова Н.Д. Энергосбережение в дымососах посредством частотно-регулируемого электропривода // Техника юлдузлари, №1-2, 2010, с. 43 – 46.

27. Материалы из Интернета

ПРИЛОЖЕНИЕ

УДК 621.313

Магистр ЭФ Ходжаев Т.О.,
научный руководитель к.т.н., доцент Имамназаров А.Т.

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ДЫМОСОСОВ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЕГО СКОРОСТИ

В статье рассмотрены и анализированы способы регулирования скорости электродвигателя дымососа и их влияния на потребления электроэнергии электропривода.

Мақолада тутун сўргич электр моторининг тезлигини ростлаш усулларининг электр юритмасининг электр энергия истеъмолига таъсири кўриб чиқилган.

Возможность существенной экономии электроэнергии при работе дымососа в блоке 7 Ташкентской ТЭС за счет частотного регулирования скорости приводного двухскоростного асинхронного двигателя типа ДАЗО-1914-10/12А связана с достаточно высокой единичной мощностью его ($P_H = 850/1500$ кВт), а также с тем, что используемым способом регулирования производительности дымососа является дроссельное регулирование при постоянной скорости вала дымососа.

Известно, что несмотря на простоту и минимальные капитальные затраты, дроссельное регулирование сопровождается существенным снижением эксплуатационного КПД, которое выражается в значительных непроизводительных затратах электроэнергии, потребляемой дымососом. Более экономичным способом регулирования производительности дымососа является плавное изменение оборотов вала его с помощью регулируемого электропривода [1].

Рассмотрим возможности снижения потребления электроэнергии дымососа на Ташкентской ТЭС. В Табл.1 приведены зависимости мощности (P/P_H) на валу электродвигателя дымососа при регулировании производительности (Q/Q_H) двумя способами: регулирование дросселем — R_d/P_H ; регулирование оборотов электродвигателя при открытых каналах — $R_{об}/P_H$, где Q_H — номинальная производительность дымососа; P_H — мощность на валу электродвигателя при номинальной производительности.

Q/Q_H , о.е. (производительность дымососа)	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
R_d/P_H , о.е. регулировка дросселем)	1,00	0,93	0,85	0,80	0,71	0,64	0,56
$R_{об}/P_H$, о.е. (регулировка оборотов)	1,00	0,72	0,51	0,35	0,22	0,11	0,06

Анализ данных Табл.1 показывает, что дроссельное регулирование производительности дымососа сопровождается существенно меньшим снижением мощности на валу электродвигателя по сравнению с регулированием производительности за счет изменения скорости электродвигателя.

В Табл.2 приведены значения снижения (экономии $-\Delta P_d$) мощности на валу электродвигателя дымососа при переходе с дроссельного (ΔP_d д/об = $(P_d - P_{об}) / P_d$, о.е.) регулирования производительности на регулирование скорости электродвигателя. Данные Табл.2 позволяют определить величину снижения мощности на валу электродвигателя дымососа при переходе с регулирования производительности дросселем на регулирование производительности за счет снижения скорости электродвигателя. По данным Табл.2 можно вычислить величину снижения мощности, потребляемой электродвигателем, при переходе с дроссельного регулирования на регулирование производительности дымососа с помощью электропривода. Для номинальной мощности приводного асинхронного двигателя ДАЗО-1914-10/12А $P_H = 1500$ кВт при номинальной скорости $n_H = 597$ об/мин соответствует максимальная производительность дымососа $Q = 750$ тыс. м³/час.

	Табл. 2							
Q/Q_H , о.е. (производительность дымососа)	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,4	
Q , тыс. м ³ /час	750	675	600	525	450	375	300	
ΔP_d /об = $(P_d - P_{об}) / P_d$, о.е.	0,00	0,22	0,40	0,56	0,69	0,82	0,89	
ΔP_d , кВт	0	330	600	840	1085	1230	1335	

На основании представленных в Табл.2 построим характеристику изменения ΔP_d в функции производительности дымососа Q для случае замене дроссельного регулирования производительности дымососа с регулированием скорости его приводного электродвигателя (см. рис.1).

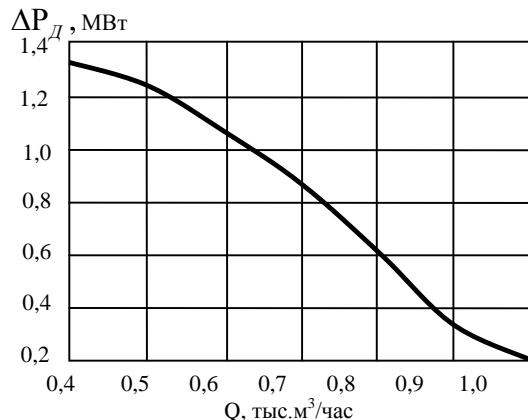


Рис. 1.

Как видно из графика (рис.1) снижения мощности электродвигателя, то есть экономии электроэнергии ΔP_d в зависимости от регулируемого значения производительности дымососа Q имеет нелинейного характера.

Для экономии электроэнергии в электроприводе дымососа в динамических и статических режимах работы можно использовать для привода дымососа частотно-регулируемый асинхронный электропривод с высоковольтным преобразователем частоты типа ВПЧА. Применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода с преобразователями частоты для управления дымососами обеспечивает [2, 3]:

- полное устранение токовых перегрузок двигателя и исключение проскальзывания ремней;

- снижение потребляемой электроэнергии на 10%...80% благодаря отказу от дроссельного регулирования;
 - автоматическое поддержание давления и разряжения в воздуховодах при изменениях режимов работы оборудования;
 - возможность точной дозировки и повышение КПД процессов горения.
- В результате расход топлива снижается на 3%...10% при той же производительности котла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. – Тошкент: ЎАЖБНТ Маркази, 2004. 96 б.
2. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. – Toshkent: «Ilm ziyosi», 2006. 124 b.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В.А. Елисева и А.В. Шинянского. – М.: Энергия. 1982. 616 с.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ДЫМОСОСОВ

ТРИОЛ АТ04 – универсальный низковольтный 0.4 кВ трехфазный частотно-регулируемый электропривод.

Приложение

Системы автоматического управления механизмами котельных установок АСУ «Умный Факел®»

Назначение и область применения

Системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» предназначены для автоматического управления и оптимизации режимов работы котельных установок с различными типами паровых и водогрейных котлов различной производительности.

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» управляет всеми механизмами котельной установки с приводными асинхронными электродвигателями:

тягодутьевые машины — вентиляторы и дымососы;

насосные агрегаты — сетевые, подпиточные, рециркуляционные и другие насосы;

запорная и регулирующая арматура подачи топлива, воды, воздуха, газов — клапаны, задвижки, направляющие аппараты.

Системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» применяются в котельных установках:

коммунальных (жилищно-коммунального хозяйства) котельных систем отопления и горячего водоснабжения с водогрейными котлами различной производительности от 1 до 100 Гкал/ч (мощность 1...116 МВт);

промышленных котельных по выработке насыщенного или перегретого пара для технологических нужд и систем отопления предприятий и организаций с паровыми котлами производительностью до 75 т/ч (мощность до 50 МВт) типов ДЕ, ДКВР, К, БКЗ, работающими под разрежением, с вентиляторами и дымососами;

котельных цехов тепловых паротурбинных электростанций ТПЭС, теплоэлектроцентралей ТЭЦ с паровыми и водогрейными котлами большой производительности до 400 т/ч, 200 Гкал/ч (мощностью до 300 МВт).

Тягодутьевые машины и насосы котлов малой и средней производительности оснащаются приводными асинхронными электродвигателями мощностью от 5 до 200 кВт на напряжение 380 В. Для управления такими котельными предназначены системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®-2».

В механизмах котлов большой производительности используются преимущественно высоковольтные приводные асинхронные двигатели на напряжение 3 кВ либо 6 (10) кВ мощностью 200–1600 кВт. Для их управления предназначены системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®-3».

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» осуществляет автоматический пуск и остановку котельной по заданной программе с соблюдением технологической последовательности включения/выключения механизмов, с предельно допустимой минимизацией длительности и оптимизацией параметров переходных режимов вентиляции и розжига котла.

Управляя вышеперечисленными механизмами в замкнутых системах автоматического регулирования, «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» осуществляет поддержание на заданном уровне или изменение по заданному графику:

давления/разрежения воздуха и газов в топке котла;

соотношения «топливо—воздух» в котле;

температуры, давления или расхода воды в трубопроводах котла и сети;

положения направляющих аппаратов, задвижек, клапанов в режимах вентиляции, розжига, малой производительности котла (для отдельных типов установок).

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» обеспечивает автоматическое управление котельной установкой при работе на всех предусмотренных для нее видах топлива (газ, мазут, твердое топливо) с программируемым изменением рабочих параметров при смене вида топлива. Система обеспечивает автоматическое управление механизмами во всем диапазоне изменения производительности котла, в том числе и при изменении числа действующих каналов подачи топлива (горелок, форсунок и т. п.).

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» предусматривает наряду с автоматическим режимом режим ручного управления механизмами, а также дистанционное управление посредством специального пульта либо с централизованного пульта машиниста котла (оператора котельной).

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» не влияет на работу штатной системы безопасности котла, а лишь безусловно выполняет ее команды и передает ей предупреждающие информационные сигналы состояния и режимов работы механизмов.

Применение системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» оптимизирует процесс сжигания топлива, повышает эффективность теплообмена и теплопередачи, обеспечивает надежную работу и достижение максимального КПД котельной установки во всех режимах.

Устройство и принцип действия

Действие системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» основано на автоматическом управлении производительностью тягодутьевых машин и насосных агрегатов котельной установки путем частотного регулирования скорости приводных асинхронных электродвигателей этих механизмов.

Система «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» представляет собой совокупность специальных частотно-регулируемых асинхронных электроприводов типа АТ04(03) тягодутьевых машин и насосных агрегатов котельной установки с микропроцессорным управлением и автоматическим регулированием рабочих параметров.

Регулирование параметров осуществляется в соответствии с требованиями режимных карт котельной установки.

Каждый электропривод содержит силовой преобразователь частоты на основе транзисторного (IGBT) автономного инвертора напряжения с широтно-

импульсным управлением (ШИМ), встроенный микроконтроллер с программным регулятором, датчик (датчики) соответствующих рабочих параметров котельной установки. Программируемый микроконтроллер электропривода позволяет реализовать различные зависимости параметров при регулировании, осуществлять коррекцию одних параметров по значению других.

Производительность вентиляторов определяет количество воздуха в топке (соотношение топливо-воздух), оптимизирующее процесс горения во всех режимах работы котла, в том числе в режиме розжига.

Производительностью дымососов поддерживается заданное разрежение газов в топке котла. Совместное управление вентилятором и дымососом обеспечивает режим вентиляции топки при пуске и останове котла.

Производительностью насосов задается количество воды, подаваемой в котел (подпитка), давление в тепловой сети (сетевой насос), температура воды на входе в котел или выходе из котла (рециркуляция) и др.

Использование частотно-регулируемых электроприводов системы «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» для управления механизмами котельных установок с энергетической и с технологической точек зрения намного эффективнее традиционно используемого управления задвижками, шиберами и направляющими аппаратами в воздушных, газовых и водных магистралях котла.

Эффективность заключается в снижении расхода топлива на 3–5% и потребления электроэнергии на 30–40% при той же производительности котла (экспериментально подтвержденные данные для котлов средней производительности ПТВМ, ДЕ), обусловленном повышением точности реализации зависимости рабочих параметров при регулировании.

В режимах вентиляции и розжига котла вентилятор поддерживает постоянное давление воздуха перед горелками (форсунками). Работает регулятор давления с сигналом отрицательной обратной связи от датчика давления воздуха. Заданное значение давления программируется в микроконтроллере электропривода.

В этих режимах предусмотрена возможность программного управления направляющими аппаратами воздухопроводов, необходимого в отдельных типах котельных установок для предотвращения отрыва пламени при розжиге. Управление осуществляется по сигналам дистанционных указателей положения аппаратов.

После розжига в режиме производительной работы котла системой «УМНЫЙ ФАКЕЛ®» предусмотрены варианты управления вентилятором по нескольким различным критериям.

Установка и поддержание заданного режимной картой соотношения «топливо—воздух». Режимная карта определяет зависимость (как правило, нелинейную) давления воздуха от давления (расхода) топлива в котле. Электропривод работает в режиме регулятора давления с изменяющимися в функции производительности котла, вида топлива, числа действующих каналов подачи топлива, заданием. Требуемая для конкретного котла зависимость программируется при настройке регулятора.

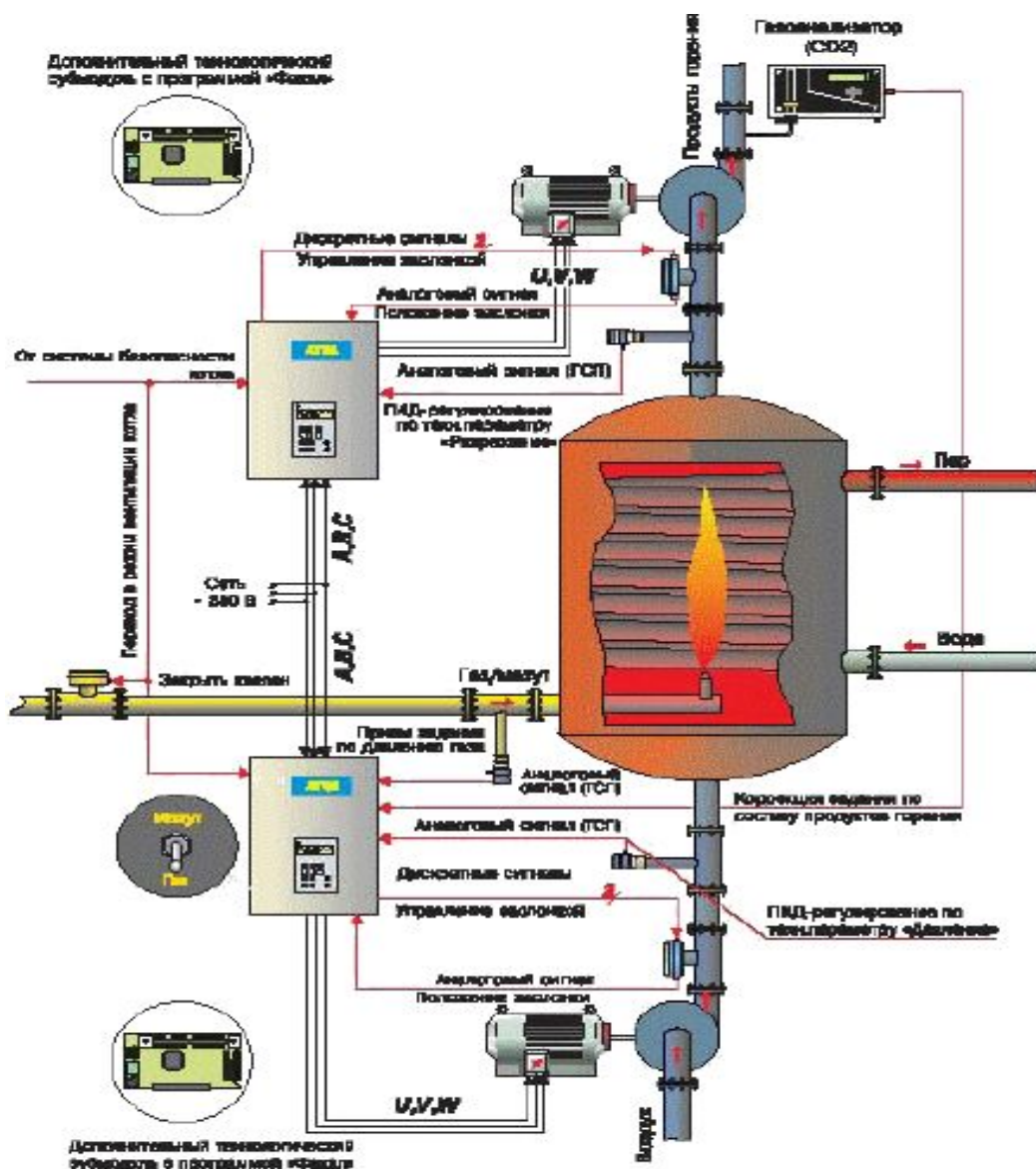
Поддержание заданного соотношения «топливо—воздух» с учетом температуры подаваемого воздуха.

Здесь в регулятор давления дополнительно вводится корректирующий сигнал датчика температуры воздуха.

Установка и поддержание заданного в функции производительности количества (содержания) кислорода O₂ в выходных газах котла у основания вытяжной трубы. В регуляторе электропривода используется сигнал датчика — кислородомера.

Установка и поддержание заданного в функции производительности количества (содержания) окиси углерода CO в выходных газах котла у основания

вытяжной трубы. В регуляторе электропривода используется сигнал датчика газоанализатора.



Система управления дутьевыми вентиляторами

Все перечисленные регуляторы электропривода программно адаптируются к типу сигнала используемых датчиков (0–5 мА, 4–20 мА или 0–10 В).

В электроприводе вентилятора предусмотрен режим автоматического повторного включения с подхватом вращающегося по инерции электродвигателя и выходом в прежний рабочий режим (без торможения и повторного пуска) при кратковременных, до 10 с (время программируется), перерывах питания, например, при автоматическом вводе резерва питающей сети. Это позволяет исключить аварийные остановки и повторные пуски котла.

Система управления дымососами

Электропривод дымососа во всех режимах работы котла — вентиляции, розжига, производительной работы — поддерживает постоянное разрежение в котле, то есть работает в режиме регулятора разрежения. В качестве источника сигнала обратной связи используется датчик разрежения.

Так же, как и в электроприводе вентилятора, для повышения надежности режима розжига предусмотрена возможность управления направляющими аппаратами газопроводов.

Так же реализуется режим автоматического повторного включения с подхватом вращающегося двигателя.

Шкаф управления тягодутьевыми установками (дымососом и вентилятором) ТДУ

Шкаф управления тягодутьевыми установками (ШУ ТДУ) (дымососом и вентилятором) предназначен для обеспечения электроснабжения и управления работой дымососа и вентилятора котельного агрегата в районных котельных крупных городов и небольших населенных пунктов. Шкаф управления оснащен преобразователем частоты серии ЭПВ, который регулирует скорость вращения двигателя тягодутьевой установки и обеспечивает заданное значение контролируемого параметра (давление/разряжение).

Применение в составе шкафа управления современного и надежного преобразователя частоты серии ЭПВ обеспечивает высокое энергосбережение в сравнении с традиционным регулированием давления подаваемого на горение воздуха и разряжения в топке котла с помощью шиберов и заслонок, установленных в газоходах и воздухоходах котла. А также обеспечивает все необходимые защиты двигателя вентилятора, его долгосрочную и безаварийную работу, а следовательно надежную работу котлоагрегата в целом.

Шкаф управления тягодутьевыми установками ТДУ



Эффект от внедрения системы управления тягодутьевыми установками на базе частотно-регулируемого привода

1. Экономический эффект заключается в следующем:

экономия электроэнергии 30-50%, при больших мощностях двигателей приводимых механизмов достигает 60%;

экономия топлива 5-10%.

2. Эксплуатационно-технический эффект:

увеличение интервалов капремонтов оборудования;

удешевление ремонтно-восстановительных профилактических работ;

плавный пуск электродвигателей, отсутствие ударных пусковых токов;

снижение внутреннего давления в вентиляторах, воздуховодах и газоходах.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЭС ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА КОТЛА

В целях защиты хвостовых поверхностей нагрева котлов от низкотемпературной коррозии современные котельные установки ТЭС оборудуются калориферными установками для предварительного подогрева дутьевого воздуха. При этом в качестве теплоносителя для подогрева дутьевого воздуха в калориферной установке используют ценный теплоноситель — пар или сетевую воду, что увеличивает расход теплоты на собственные нужды станции связанный с подогревом дутьевого воздуха и уменьшает экономичность тепловой электрической станции.

Для повышения экономичности тепловой электрической станции предлагается в системе оборотного водоснабжения установить поверхностный теплообменник и подключить его по греющему тракту к слив-ному напорному трубопроводу к градирне, а по нагреваемому тракту к воздуховоду перед калорифером предварительного подогрева дутьевого воздуха котла, причем охлажденную в поверхностном теплообменнике циркуляционную воду по трубопроводу направить в водосборный бассейн, минуя вытяжную башню градирни. В этом случае на тепловой электрической станции для предварительного подогрева дутьевого воздуха котла будет использоваться часть теплоты конденсации отработавшего в турбине пара.

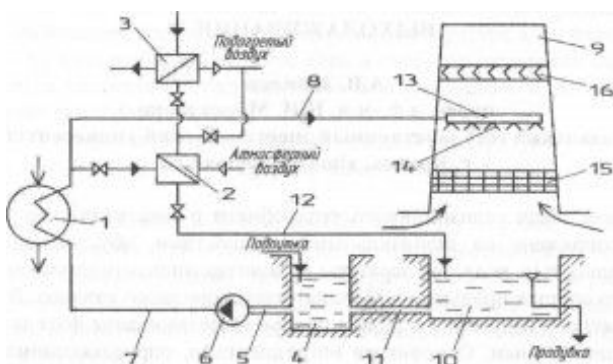


Рис. 1. Схема тепловой электрической станции:

1 - конденсатор паровой турбины; 2 - поверхностный теплообменник; 3 - калорифер предварительного подогрева дутьевого воздуха котла; 4 - водоприемный колодец; 5 - самотечный водовод; 6 - циркуляционный насос; 7 - напорный трубопровод к конденсатору паровой турбины; 8 - сливной напорный трубопровод к градирне; 9 - вытяжная башня градирни; 10 - водосборный бассейн; 11 - самотечный перепускной канал; 12 - трубопровод подачи циркуляционной воды из поверхностного теплообменника в водосборный бассейн; 13 - водораспределительный лоток; 14 - разбрызгивающие сопла; 15 - оросительное устройство; 16 - водоуловитель.

Кроме того, отвод охлажденной в поверхностном теплообменнике циркуляционной воды непосредственно в водосборный бассейн, минуя вытяжную башню градирни, позволяет снизить унос циркуляционной воды в атмосферу.

На рис. 1 изображена схема тепловой электрической станции, где для предварительного подогрева дутьевого воздуха котла используется часть теплоты конденсации отработавшего в турбине пара. В таблице 1 для различных значений температур наружного воздуха приведены результаты расчетов калориферной установки для предварительного подогрева дутьевого воздуха котлов Самарской ТЭЦ Волжской ТГК.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД (РЭП) ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС)

Submitted: 1 August, 2010 - 01:19

— articles

На современных ТЭС в РФ основным приводом, осуществляющим работоспособность контуров ТЭС является электрический, основные приводимые механизмы – насосы, обеспечивающие транспорт воды на разных стадиях технологического процесса (всего более 20 разновидностей), а также воздуходувки, обеспечивающие подачу воздуха и удаление дымовых газов. Для примера, суммарная установленная мощность всех электроприводов, включая резервные и пожарные при установленной мощности ТЭЦ 450 МВт составляет около 80 МВт. При выработке электроэнергии 220МВт, мощность находящихся в работе электроприводов составляет около 23МВт, т.е. более 10% выработанной электроэнергии. Наиболее крупными потребителями электроэнергии являются питательные насосы – около 36%, сетевые насосы – около 30%, воздуходувки и дымососы – около 8%, конденсатные насосы – до 5%.

Электроприводы тепловых электростанций

Кроме указанных, на ТЭС применяются электроприводы циркуляционных, подпиточных насосов, насосов береговой насосной станции, мазутной станции и пр. ТЭС, работающие на угле, имеют ряд дополнительных электроприводов, обеспечивающих подготовку и подачу в горелки угольной пыли (транспортёры, дробилки, мельницы, мельничные питатели). РЭП используется также для балансировки турбин ТЭС.

Предпосылки применения РЭП ТЭС

Режимы работы ТЭС определяются графиками электрических и тепловых нагрузок. Существуют суточные, годовые и сезонные графики, кроме того, нагрузки периодически изменяются в течении недели и т.д. При этом электроэнергия отдается в единую энергосистему и ее выработка не столь подвержена периодическим изменениям, а теплоэнергия отдается местным потребителям и изменение ее выработки существенно влияет на режимы работы всей ТЭЦ. Регулирования производительности котлового оборудования и всей ТЭС производится в общем случае регулированием подачи топлива в горелки. Такое регулирование сопровождается изменением режим работы всего комплекса оборудования. Например, расход воды через питательные насосы ТЭЦ в течении года изменяется более чем в 3 раза. Соответственно изменяются режимы работы всех указанных электроприводов ТЭС.

Кроме того, при проектировании насосов и вентиляторов закладывается коэффициент запаса, который, например, для питательных насосов составляет по давлению 5%. Таким образом, даже при функционировании ТЭС в расчетном режиме необходимо применение регулирования.

Режимы работы электроприводов на существующих ТЭС изменяются дросселированием (для вентиляторов - направляющими аппаратами), переключением числа работающих машин, регулированием скорости электродвигателей. При этом регулирование скорости электродвигателей производится ступенчато в случае использования многоскоростных двигателей или при помощи гидромффт. На работающих ТЭС частотно-регулируемый электропривод практически не применяется. Это связано с тем, что в период их проектирования надежные преобразователи частоты большой мощности практически отсутствовали.