УДК 621.316.726

П.А. ХОНДРЮКОВ, студент гр. ТЭбз-141 (КузГТУ)
Научный руководитель: В.Н. СЛИВНОЙ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯМИ ДЫМОСОСОВ С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В КОТЕЛЬНОЙ ОАО «КЕМЕРОВСКИЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Частотное управление асинхронными электродвигателями находит широкое применение на промышленных предприятиях, в области энергетики, коммунальном хозяйстве и других сферах. Частотное регулирование – это способ устранить важный существенный недостаток электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором – постоянную частоту вращения ротора, которая не зависит от нагрузки. Преобразователь частоты (ПЧ) создает возможность управлять частотой вращения электродвигателя в соответствии с характером нагрузки или заданными параметрами. В результате возникает возможность сгладить характеристики переходных процессов в электрических сетях, и обеспечить работу электродвигателей в энергосберегающем режиме.[1] Опыт применения ПЧ в управлении тягодутьевыми механизмами котельных агрегатов достаточно обширен. В качестве примера приведем некоторые объекты теплоэнергетики, в которых применение ПЧ дало положительный экономический эффект: ТЭЦ Горнолыжного комплекса «Газпром» г. Сочи, ОАО «Дальневосточная генерирующая компания» [2], ОАО «Тепловые сети Балашихи» [3], МУП «Объединенные котельные и тепловые сети» [4]. В этих случаях процент сэкономленной электроэнергии (энергосбережение) составлял от 20 до 59%.

Рассмотрим перспективу модернизации системы автоматического управления (САУ) давлением-разрежением в топках котлов котельной на ОАО «Кемеровский механический завод» (ОАО «КМЗ»). В настоящее время указанная САУ состоит из комплекса элементов САУ, включающую в себя датчики разрежения (дифманометры) «МЕТРАН-100 ДИВ» с аналоговым выходным сигналом 4-20 мА («РЕ» – на рис.1), ПИД-контроллеры «МЕТАКОН-533» («К1», «К2», «К3» – на рис. 1) с цифровым выходом (интерфейс RS-485), преобразователь интерфейсов (ПИ) rs-485/rs-232, персональный компьютер (ПК) с программным комплексом (scada-системой) «RNet», исполнительные механизмы «МЭО-250» («ИМ» – на рис 1), и шиберные заслонки (рис. 1).

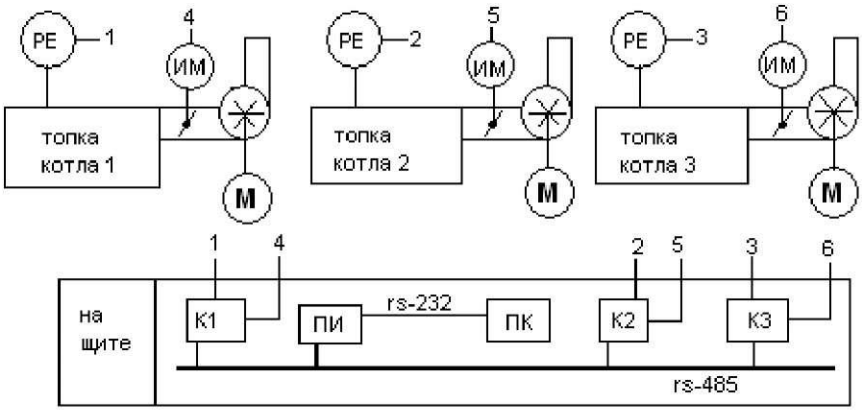

Рис. 1. Система автоматического управления давлением-разрежением в топках котлов котельной на ОАО «КМЗ»

Двигатели дымососов («М» на рис. 1) представляют собой 3-х фазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, номинальной мощностью и номинальной частотой вращения 30 кВт и 1470 об/мин. соответственно. Электромоторы постоянно работают с номинальной нагрузкой вне зависимости от нагрузки котлоагрегатов, потребляя при этом 30 кВт электроэнергии в час. Система автоматизации представляет собой одноконтурную САР без обратной связи. Уставки регулирования разрежения в топках котлов: –30 Па.

Внедрение в схему ПЧ позволит изменить принцип управления потоком дымовых газов. То есть вместо механического перекрытия дымоходов шиберами, частотные регуляторы будут изменять частоту вращения роторов двигателей, тем самым изменяя величину потока дымовых газов и разрежение в топках котлов, а также значительно снижая потребление электроэнергии двигателями дымососов. На рис. 2 изображена функциональная схема автоматизации (ФСА) управления потоком дымовых газов с учетом внедрения ПЧ.

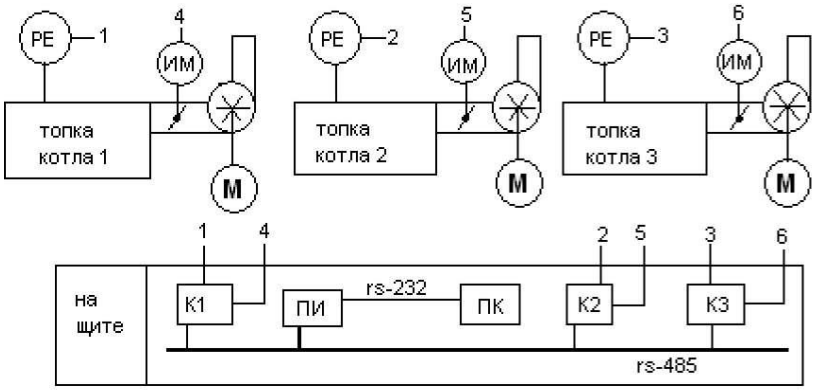

Рис. 2. функциональная схема автоматизации управления потоком дымовых газов

Обозначения на рис. 2:
РЕ – датчики разрежения (диф-манометры) «МЕТРАН-100 ДИВ»;
М – асинхронные электродвигатели дымососов 30 кВт, 3ф 380 В;
ПЧ1..ПЧ3 – преобразователи частоты «ERMAN-ER-01T-037T4»;
СФ – сетевые фильтры «ERMAN-EA-F37»;
К1..К3 – ПИД-контроллеры «МЕТАКОН-533-Т-0/20-1»;
ПИ – преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232;
ДВ – дискретный выход;
МД – моторный дроссель «ERMAN-EA-OC-80A».

Управление тягой дымососов осуществляется следующим образом. Датчики давления (РЕ) измеряют величину давления-разрежения в топках котлов и передают результат измерения с помощью токового сигнала 4-20 мА на частотные преобразователи (ПЧ1..ПЧ3). Встроенные в ПЧ ПИД-регуляторы обрабатывают аналоговые сигналы с датчиков, и в соответствии с заданием (-30 Па), изменяют частоту питающего напряжения (в пределах 2-50 Гц). Далее, согласно формуле (1), изменяется частота вращения ротора двигателя по линейному закону:

$$n = \frac{60f}{P}, \quad (1)$$

где n – частота вращения ротора, об/мин;
f – частота сети, Гц;
P – число пар полюсов.

Таким образом, соблюдается технологический процесс удаления продуктов горения из топок котлов. Следовательно, мы наблюдаем снижение частоты вращения ротора, силы тока, а значит и потребление электроэнергии, в отличие от постоянной работы двигателя на номинальной нагрузке. К ПЧ по аналоговой связи (4-20 мА) подключены ПИД-контроллеры Метакон-533-Т-0/20-1, которые требуются для формирования дискретного сигнала, обеспечивающего безопасность технологического процесса (срабатывание сигнализации и блокировки в случае возникновения аварийных ситуаций), а также для подключения всей системы к персональному компьютеру посредством цифровой линии связи, что позволит отображать информацию о технологическом процессе в режиме реального времени на ПК, а также в автоматическом режиме сохранять всю информацию в виде таблиц и графиков переходных процессов в памяти ПК. Двигатель дымососа подключается через МД к ПЧ медным кабелем КГ-ХЛ, сечение каждой из жил 25 мм^2. МД требуется для компенсации паразитной емкости кабеля, поскольку его длина превышает 20 м [5]. Скорость передачи данных с К1..К3 на ПК 9,6 кбит/с. На экране ПК отображается течение технологического процесса во времени. Настройка параметров сигна-

лизаций и блокировок возможна как с пульта контроллера, так и с клавиатуры ПК.

Приведем технико-экономическое обоснование внедрения ПЧ. Основные задачи, которые решит установка ПЧ:

1. Стабилизация процесса управления разрежением в топках котлов, сглаживание переходных процессов (точность удержания частоты 0,1 Гц).

2. Улучшение процессов горения за счет создания стабильной тяги.

3. Защита двигателей дымососов: от перегрузки по току, от перегрева, от межфазного замыкания, от обрыва фаз, от перекоса фаз, от заклинивания (по коэффициенту мощности).

4. Управление двигателями с высокой точностью, получение высокого крутящего момента, снижение шума и вибрации, плавный пуск и остановка двигателей, функция автоматического перезапуска двигателей вследствие скачка напряжения [5].

5. Экономия электроэнергии. Рассмотрим этот пункт более подробно. Из предоставленной информации ОАО «КМЗ» - в 2013 году котлы, а значит и двигатели дымососов в сумме отработали 10.430 часов, израсходовав при этом 312.900 кВт электроэнергии на сумму 813.500 руб., и прокачали при этом 213 млн. м^3 дымовых газов (без учета воздействия шиберных заслонок).

$$Q_{гп} = Q * t = 20{,}450 * 10{,}430 = 213 \text{ млн.м}^3, \quad (2)$$

где $Q_{гп}$ – годовая производительность дымососов за 2013 год без учета воздействия шиберных заслонок;

Q – паспортная производительность одного дымососа, м^3/ч;

t – суммарное время работы дымососов в 2013 году, ч.

Исходя из теоретических данных для наиболее полного сгорания, состав топливо-воздушной смеси для природного газа должен состоять из 10 частей воздуха и 1-ой части газа [6]. На практике же невозможно достичь идеального смешивания, поэтому воздух в топку котлов подается с избытком. В котельные установки ОАО «КМЗ» подается 13 частей воздуха и 1 часть газа. По данным ОАО «КМЗ» в 2013 году в котлах было сожжено 4.5 млн. м^3 природного газа, следовательно:

$$Q_д = (Q_г * n_в + Q_г * n_г) * k = (4{,}5 \text{ млн.м}^3 * 13 + 4{,}5\text{млн.м}^3 * 1) * 1{,}35 = 85{,}05 \text{ млн.м}^3, \quad (3)$$

где $Q_Д$ – действительное количество дымовых газов, произведенное котельными установками ОАО «КМЗ» в 2013 году, м^3;

$Q_Г$ – количество природного газа сожженного в топках котлов в 2013 году, м^3;

$n_в$ – количество частей воздуха в газо-воздушной смеси;

$n_г$ – количество частей пригодного газа в газо-воздушной смеси;

k – коэффициент, полученный экспериментальным путем, и учитывающий такие факторы как «подсос» воздуха через смотровые «лючки» топок котлов, «дверцы» экономайзеров, негерметичность взрывных клапанов, холостой ход дымососов в режиме продувки и др.

В результате вышеприведенных расчетов имеем: дымососы в 2013 году расходовали 312.900 кВт электроэнергии эквивалентной удалению 213 млн. м^3 дымовых газов. В действительности же котельными установками было произведено 85,05 млн. м^3 дымовых газов. Следовательно:

$$m = \frac{Q_д}{Q_{гп}} * 100\% = \frac{85{,}05\ млн.м^3}{213млн.м^3} * 100\% = 40\%, \qquad (4)$$

где m – процент выполненной работы дымососов, %.

Таким образом, в 2013 году дымососы выполнили работу лишь на 40 %, израсходовав при этом 100% электроэнергии (работа на номинальной нагрузке).

Рассчитаем сколько в действительности необходимо двигателям дымососов электроэнергии в год для удаления дымовых газов из топок котлов при соблюдении технологического процесса:

$$Р_{ПЧ} = \frac{Р_Д * m}{100\%} = \frac{312.900 * 40}{100\%} = 125.160\ кВт, \qquad (5)$$

где $Р_{ПЧ}$ – электроэнергия, необходимая в течение года двигателям дымососов для удаления дымовых газов из топок котлов при использовании ПЧ;

$Р_Д$ – электроэнергия, израсходованная дымососами в 2013 году, кВт.

Стоимость электроэнергии, затрачиваемая двигателями дымососов при использовании ПЧ равна:

$$С_{ПЧ} = Ц * Р_{ПЧ} = 2{,}6 * 125.160 = 325.400\ руб, \qquad (6)$$

где $С_{ПЧ}$ – годовая стоимость электроэнергии, необходимой двигателям дымососов для удаления дымовых газов из топок котлов при использовании ПЧ, руб.;

Ц – цена одного киловатта для ОАО «КМЗ», руб.

Подводя итоги технико-экономического обоснования, сравним два полученных результата: в 2013 году электродвигателями дымососов израсходовано электроэнергии на сумму 813.500 рублей. При использовании ПЧ электродвигателями дымососов будет израсходовано электроэнергии на сумму 325.400 рублей. Следовательно, экономический эффект составит:

$$Эф = С_Д - С_{ПЧ} = 813.500 - 325.400 = 488.100\ руб, \qquad (7)$$

где Эф – ежегодная экономия денежных средств от внедрения ПЧ в технологический процесс удаления дымовых газов из топок котлов, руб.;
$С_д$ – денежные средства, затраченные на электроэнергию, потребленную двигателями дымососов в 2013 году, руб.]

Произведем расчет срока окупаемости затрат на модернизацию САУ.

Стоимость ПЧ, СФ, МД, тормозных блоков [7], сетевых и сигнальных кабелей равна 332.100 руб. Стоимость доставки – 16.600 руб., затраты на монтажные и пусконаладочные работы – 47.000 руб. Итого: 395.700 руб.

$$Т_{ок} = {С}/{Эф} = {395.700}/{488.100} = 0,81. \quad (8)$$

Следовательно, срок окупаемости равен 0,81 года или 10 месяцев, что приемлемо для промышленного предприятия. Таким образом, внедрение частотных преобразователей является весьма актуальной задачей.

Список литературы:

1. Преимущества частотного регулирования электродвигателя [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.privod-el.ru/prim.html, свободный.

2. Применение преобразователей частоты в энергетике [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.drives.ru/celevye-auditorii/po-otraslyam/energetika/, свободный.

3. Энергосберегающий комплекс управления тягодутьевыми механизмами котельной // Энергосбережение. – №3. – 2004.

4. Как заставить котельные работать автономно? // Ивановская газета. – №164. – 2011.

5. Руководство по эксплуатации преобразователей частоты серии ERMAN-01T/02T. – Екатеринбург, 2013.

6. Азбука горения [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rielo.ru/azbuka/ , свободный.

7. Частотные преобразователи: прайс-лист [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.erman.ru/pricelist/, свободный.