

2. **Потапенко Е. М.** Обзор работ по динамике многомассовых неопределенных электромеханических систем выполненных на кафедре электропривода ЗНТУ / Е. М. Потапенко, А. Е. Казурова, А.В. Савранская // Электротехника та електроенергетика. – 2011. – № 1. – С. 7–10.

3. **Б.И. Кузнецов, Т.Б. Никитина, А.В. Волошко, И.В. Бовдуй, Е.В. Винниченко.** Математическая модель индивидуальных приводов прокатных валков с синхронными двигателями и с учетом их взаимного влияния через прокатываемый металл при цифровом управлении. // Вісник НТУ: ХП, 2011. - №4. – С. 123-132.

4. **Б.И. Кузнецов, А.В. Волошко, И.В. Бовдуй, Е.В. Винниченко.** Динамические характеристики робастной системы управления синхронными приводами прокатных станков с учетом их взаимосвязи через прокатываемый металл. // Вісник НТУ: ХП, 2011. - №4. – С. 58-69.

5. **Башарин А.В.** Управление электроприводами: учебн. пос./ А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392с.

6. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-ти тт.; 2-е изд.; перераб. и доп., Т.5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004. – 784 с.

7. **Вдовин В.В., Панкратов В.В.** Синтез адаптивного наблюдателя координат бездатчикового асинхронного электропривода // Известия Томского политехнического университета. – Томск: 2012. Т320. - №4. – С.147-153.

Рукопис поступив до редакції 20.03.14

УДК 621.314

В.Е. МОМОТ, канд. техн. наук, доц., О.Р. ТКАЧУК, магистрант
Криворожский национальный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В статье рассматривается анализ электропотребления и пути повышения энергетической эффективности эксплуатации наиболее энергоемких центробежных механизмов типовой районной котельни с использованием частотно регулируемых приводов.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Внедрение во всех отраслях промышленности энергосберегающих технологий ставит важнейшие задачи повышения энергетической эффективности эксплуатации электроприводов насосов, вентиляторов, дымососов производств горячего водоснабжения.

Современное состояние тепло-водоснабжения, занимающего одно из главных мест в инфраструктуре и жизнеобеспечения городского хозяйства, с каждым годом требует все больше и больше капитальных затрат. Оборудование районных котельных устарело как морально так и физически. Затраты на тепло являются значительными в бюджете государства, регионов и населения, являясь причиной социальной и экономической нестабильности.

Анализ исследований и публикаций. Как показывают исследования [1], тепло полезно используется только на 30 % (с учетом ненормативных потерь тепла через ограждающие конструкции, потерь, связанных с несовершенством внутренних инженерных систем и др.), т.е. коэффициент энергетической эффективности существующей централизованной системы тепло-водоснабжения не превышает 0.3.

Наиболее высоким потенциалом энергосбережения обладают производственные механизмы, работающие в продолжительном режиме работы с изменяющейся производительностью, такие как насосы, вентиляторы, дымососы котельных установок и управляемые в ручном режиме, путем воздействия на задвижки или направляющие аппараты.

В последние годы широкое развитие во всех отраслях получил регулируемый асинхронный электропривод на базе преобразователей частоты (ПЧ-АД), обеспечивающий экономию электроэнергии на 30 % и более [2]. Однако само по себе оснащение механизмов частотно-регулируемым электроприводом не гарантирует экономии электроэнергии, а должно быть технически и экономически обосновано применительно к конкретным условиям эксплуатации с определением количественной оценки диапазона регулирования, технологических требований, энергетических и режимных характеристик.

Постановка задачи. Целью работы является анализ электропотребления и оценка энергетической эффективности эксплуатации наиболее энергоемких центробежных механизмов типовой районной котельни с использованием частотно-регулируемых электроприводов.

Изложение материалов и результаты. Большинство действующих котельных установок централизованного тепло-водоснабжения характеризуются не регулируемыми электроприводами центробежных механизмов суммарной установленной мощностью около 3 МВт, большими диапазонами изменения расхода, переменным характером нагрузки, низкой управляемостью технологическими параметрами, значительными мощностями электрооборудования работающего, как правило, в недогруженных режимах.

Центробежные механизмы типовых котельных можно условно разделить на три группы:
 большой мощности - 500 кВт и выше - сетевые насосы и дымососы;
 средней мощности - 50-300 кВт - насосы сырой воды, питательные насосы и дутьевые вентиляторы;
 малой мощности - 5-50 кВт - подпитывающие насосы, дутьевые вентиляторы, циркуляционные насосы.

На первом этапе работы выполнен анализ электропотребления с целью дальнейшего обоснования экономической эффективности мощных регулируемых приводов дымососов типовой районной котельной с 6-ю водогрейными котлами типа КВГМ.

Учитывая различную мощность электроприводов центробежных механизмов котельной (насосы, вентиляторы, дымососы) произведен расчет долевого потребления электроэнергии за сутки этими механизмами в виде соответствующих диаграмм.

Расчет производился по формуле

$$\eta_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^3 W_{ikl}}{\sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^3 W_{ikl}} \cdot 100\% ,$$

где η_{kl} - долевое потребление k -го механизма районной котельной при первом режиме, %; W_{ikl} - энергопотребление k -го механизма, за i -й час при первом режиме, кВт·год.;

Результаты расчетов представлены в табл. 1

Таблица 1

Долевое электропотребление механизмов центробежного типа котельной (%)

Долевое потребление электроэнергии, %	Насосы строй воды	Дутьевые вентиляторы			Питательные насосы	Подпитывающие насосы	Сетевые насосы	Дымососы	Рециркуляционные насосы воды	Рециркуляционные насосы дымовых газов
		Котел №4-5	Котел №6	Котел №7-9						
1,9	1	1,1	6,8	1,9	2,2	39,7	27,3	7,3	10,8	

На рис. 1. в виде диаграмм представлены результаты расчетов долевого электропотребления.

Из графиков видно, что наибольшее значение электроэнергии потребляют сетевые насосы и дымососы.

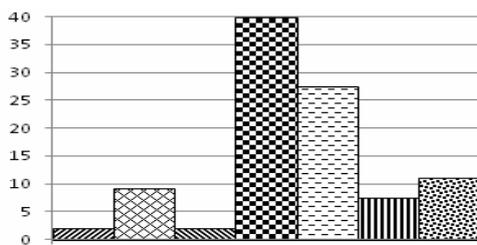


Рис. 1. Диаграммы долевого потребления электроэнергии исследуемых механизмов: ■ -насосы сырой воды; ▨- дутьевые вентиляторы; ▩-питательные насосы; ▤- сетевые насосы; ▥- дымососы; ▦- рециркуляционные насосы воды; ▧- рециркуляционные насосы дымовых газов;

Например, диаграммы расхода дымовых газов дымососа за отопительный период (2012-2013 г.г.) при механическом регулировании (рис. 2), аэродинамической характеристики дымососа ДН-22-0,65 и паспортных данных приводного двигателя типа А4 ДА304 мощностью 500кВт, напряжением 6кВ и номинальной скоростью 1500 об/мин, определена потребляемая мощность дымососа в номинальном режиме работы (с учетом КПД дымососа и КПД двигателя).

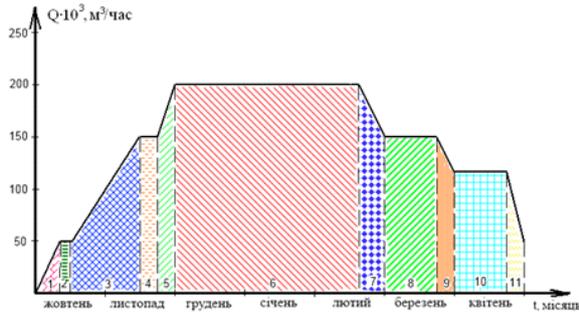


Рис. 2. Диаграмма расхода дымовых газов за отопительный период при механическом регулировании

При этом за отопительный период 6 мес (4368 ч), интервалы времени составляют:

- $t_1=120$ ч; $t_2=120$ ч;
- $t_3=624$ ч; $t_4=120$ ч; $t_5=120$ ч;
- $t_6=1800$ ч; $t_7=360$ ч;
- $t_8=528$ ч; $t_9=216$ ч; $t_{10}=240$ ч;
- $t_{11}=120$ ч.

Исходя из известных законов пропорциональности [3], рассчитывались значения скорости двигателя и потребляемой мощности (P') при повышении производительности дымососа от: 25 до 75 % и от 75 до 100 %, при снижении производительности из 100 до 75 %, от 75 до 50 % и от 50 до 25 %, а также при установившейся производительности(табл. 2).

Графический вид зависимостей показан на рис. 3,4.

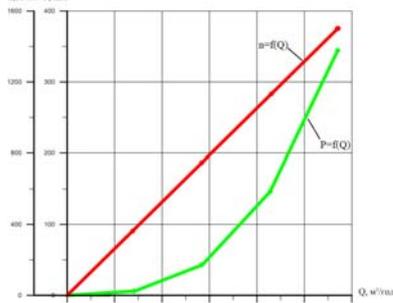


Рис.3. Зависимость потребляемой мощности $P=f(Q)$ и скорости $n=f(Q)$ от производительности дымососа

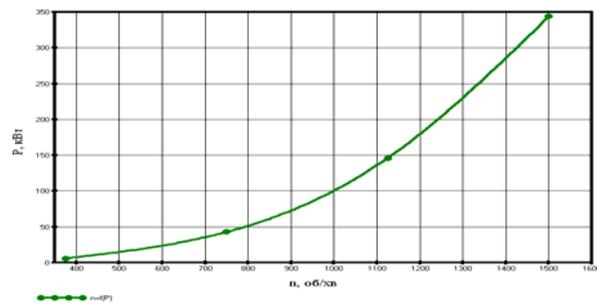


Рис.4. Расчетная зависимость потребляемой мощности от изменения скорости

С учетом временных интервалов отопительного периода (см. рис. 2) расход электроэнергии при повышении производительности составит, кВт

из 25% до 75%: $\mathcal{E}_1 = ((5,37 + 145,6)/2) \cdot 624 = 47102,64$,
 из 75%до 100%: $\mathcal{E}_2 = ((145,6 + 343,7)/2) \cdot 120 = 29358$.

Таблица 2

Численные значения расчета потребляемой мощности							
$Q_{25\%}$		$Q_{50\%}$		$Q_{75\%}$		$Q_{100\%}$	
$n_{25\%}=(n_n Q_{25})/Q_{100}$	$P'_{25\%}=P_{\text{погр}}(n_n/n_{25})$	$n_{50\%}=(n_n Q_{50\%})/Q_{100}$	$P'_{50\%}=P_{\text{погр}}(n_n/n_{50})^3$	$n_{75\%}=(n_n Q_{75\%})/Q_{100}$	$P'_{75\%}=P_{\text{погр}}(n_n/n_{75})^3$	$n_{100\%}=n_n$	$P'_{100\%}=P_{\text{погр}}$
375 об/мин	5,37 кВт	750 об/мин	42,96 кВт	1125 об/мин	145,6 кВт	1500 об/мин	343,7 кВт

Расход электроэнергии при снижении производительности, кВт

из 100% до 75%: $\mathcal{E}_3 = ((145,6 + 343,7)/2) \cdot 360 = 88074$,
 из 75% до 50%: $\mathcal{E}_4 = ((145,6 + 42,96)/2) \cdot 216 = 16304,76$,
 из 50% до 25%: $\mathcal{E}_5 = ((42,96 + 5,37)/2) \cdot 120 = 2899,8$.

В установившемся режиме работы дымососа в интервалы времени 2,4,6,8,10 (см. рис. 2).

$\mathcal{E}_6 = 5,37 \cdot 120 + 145,6 \cdot 120 + 343,7 \cdot 1800 + 145,6 \cdot 528 + 42,96 \cdot 240 = 723963,6$ кВт/ч

Суммарный расход электроэнергии с регулируемым электроприводом с учетом реальной работы дымососа составляет

$\mathcal{E}_{\text{пер}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 + \mathcal{E}_6 = 907702,8$ кВт/ч.

Расход электроэнергии без использования регулируемого электропривода дымососа будет равен

$$\mathcal{E}_{\text{рег}} = P_{\text{потр}} \cdot T = 343,7 \cdot 4368 = 1527489 \text{ кВт/ч.}$$

Таким образом, затраты электроэнергии дымососа при работе с регулируемым электроприводом составляет $(907702,8 / 1527489,6) \cdot 100\% = 60\%$ от работы без регулируемого электропривода. При этом стоимость электроэнергии:

при использовании регулируемого электропривода:

$$C = \mathcal{E}_{\text{рег}} \cdot Ц = 907702,8 \cdot 0,52 = 472005,5 \text{ грн;}$$

без использования регулируемого электропривода:

$$C = \mathcal{E}_{\text{н.рег}} \cdot Ц = 1527489,6 \cdot 0,52 = 79429,6 \text{ грн}$$

где $Ц$ - стоимость одного кВт/ч электроэнергии на предприятии.

Выводы и направление дальнейших исследований. Произведенный анализ электропотребления позволяет снизить затраты на электроэнергию при регулировании производительности одного дымососа примерно в 1,7 раза, что при установленных 6 дымососов одной типовой районной котельной составляет около 5,0 млн.грн.

Однако при модернизации производств централизованного тепло-водоснабжения необходимы уточнения режимных характеристик автоматизированных электроприводов механизмов, а также экономических показателей с учетом затрат на приобретение нового электрооборудования.

При этом существующая система управления технологическим оборудованием также требует значительной модернизации.

Необходима замена устаревших средств КИП и А и внедрение новой автоматизированной системы управления технологическими процессами на базе современного программно-технического комплекса.

Список литературы

1. Шарипов А.Я. Энергоэффективные и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения жилого района. Энергосбережение, 2001. -№5.
2. Радимов С.Н. Потенциал энергоснабжения наиболее широко используемых агрегатов и установок. Реализация потенциала средствами электропривода. «Экологические системы», 2007. - №8.
3. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов.-М.: Энергия, 1980. - 360 с.

Рукопись поступила в редакцию 20.03.14

УДК 621.791.92

Е.В. БЕРЕЖНАЯ, канд. техн. наук, Ю.А. ЧЕПЕЛЬ, аспирант

Донбасская государственная машиностроительная академия

Н.И. ЦЫВИНДА, канд. техн. наук доц., Криворожский национальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ

Разработана численная одномерная математическая модель распределения локальных и интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния металла при электроконтактной наплавке металлической лентой, учитывающая реальный характер распределения геометрических параметров наплавляемого слоя в зоне очага деформации.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Важной задачей эксплуатации современных подъемно-транспортных машин и почвообрабатывающего оборудования является повышение их экономической эффективности и безопасности. Решение этих вопросов прямо зависит от создания и освоения высокоэффективных технологических процессов производства, повышения качества изделий, снижения их себестоимости [1,2].

Изнашивание деталей рабочих органов является закономерным процессом, неизбежно сопровождающим работу землеройных машин, который приводит к изменению размеров, геометрической формы деталей и тем самым вызывает снижение функциональных качеств и производительности машин. Так, допускаемый на практике износ режущих элементов землерой-