

**УДК 621.316.79**

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

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ**

На участке котельной АО «КМЗ» в эксплуатации находятся три паровых котла ДЕ-10-14. Питательная вода подается на насосы (основной «Н1» или резервный «Н2») из бака деаэратора при температуре 102-104 °С. Затем насосы закачивают воду в котлы через исполнительные механизмы («ИМ» на схеме), представляющие собой клапан «КРП-50 М» и механизм электрический однооборотный «МЭО-40/25-0.25-93», соединенные рычажным механизмом. «ИМ» регулируют поток жидкости исходя из показаний датчиков «ДМ». Управление заданными параметрами возложено на контроллеры К1, К2 и К3. Обратная линия («ОЛ» на рисунке 1) предусмотрена для регулировки величины напора насосов посредством вентилей В1 и В2. Регистрация величины напора осуществляется посредством манометров («м» на схеме). Практическим путем установлено, что при работе всех 3-х котлов одновременно при максимальной нагрузке (10 т/ч каждый) и расчетном избыточном давлении пара в барабанах котлов (0.8 МПа), необходимый напор, достаточный для прокачивания воды через все местные сопротивления составляет 120 м. Минимально необходимый напор для подачи воды в один работающий котел на нагрузке 40% составляет 95 м. Электродвигатели насосов всегда работают при номинальной мощности (2950 об/мин, 22 кВт). В эксплуатации системы рециркуляции воды возникают некоторые трудности. А именно перепады давления воды после питательных насосов, связанных с работой клапанов питания котлов. Устройство «КРП-50 М» таково, что при перепаде давления на клапане 1.5 атм. (клапан закрыт), дросселирование воды составляет 0,5-0,8 м<sup>3</sup>/ч, при перепаде 8 атм., дросселирование воды составляет 4-5 м<sup>3</sup>/ч.

Возможные положения клапанов питания котлов (в работе находятся 3 котла) сведены в таблицу 1:

K-1	K-2	K-3	Примечание
0	0	0	Напор уменьшается ниже 95 м. Недостаток питающей воды. Требуется корректировка напора вентилями В1 или В2
3	0	0	
3	3	0	
3	3	3	Напор возрастает выше 145 м. Переполнение барабанов котлов за счет дросселирования воды через клапаны из-за слишком большого перепада давления. Требуется корректировка напора вентилями В1 или В2

Таблица 1

Пояснения: «0» - клапан открыт, «3» - клапан закрыт.

Возможные положения клапанов питания котлов (в работе находятся два котла) сведены в таблицу 2:

K-1	K-2	примечания
0	0	Возможен недостаток питающей воды
3	0	
3	3	Возможен переизбыток питающей воды

Таблица 2

Возможные положения клапана питания котла (в работе находится один котел) сведены в таблицу 3:

K-1	примечания
0	Как правило, для стабильной работы регулятора уровня
3	требуется установка напора в диапазоне 100-110 м. в зависимости от нагрузки котлоагрегата. При изменении мощности котла требуется корректировка напора вентилями В1 или В2.

Таблица 3

Таким образом, недостаток данной системы очевиден: требуется постоянный контроль и вмешательство оператора в управление системой, что оказывается на стабильности техпроцесса. Мощность двигателя насоса используется лишь на 10-70 % (в зависимости от нагрузки котлоагрегатов). Остальная мощность используется для перекачки питательной воды обратно в деаэратор. Нетрудно посчитать какова потеря энергии за год.

Произведем расчет:

$\text{Ц} = 4 \text{ руб. цена киловатт часа электроэнергии для АО «Кемеровский механический завод» (АО «КМЗ»).}$

$P = 22 \text{ кВт}$  – номинальная мощность питательного насоса Grundfos-CR-45.

$T = 359$  дней =  $359 * 24 = 8616$  час. Время работы питательного насоса в течении года. Следовательно,

$Q = P * T = 22 \text{ кВт} * 8616 \text{ час} = 189552 \text{ кВт*год}$  – затраченная электроэнергия питательным насосом за год.

$C = Q * \text{Ц} = 189552 * 4 = 758,2$  тыс. руб. – стоимость электроэнергии за год работы насоса.

Исходя из данных журнала операторов, питательный насос использует в среднем лишь 40% своего потенциала.

Таким образом, для обеспечения потребностей котлов в питательной воде, необходимо:  $Q_d = Q * 0.4 = 75821 \text{ кВт*год}$  электроэнергии.

Или в денежном выражении:  $C_d = Q_d * 4 = 303,3$  тыс. руб.

Соответственно переплата за электроэнергию составляет:

$758,2 - 303,3 = 455$  тыс. руб.

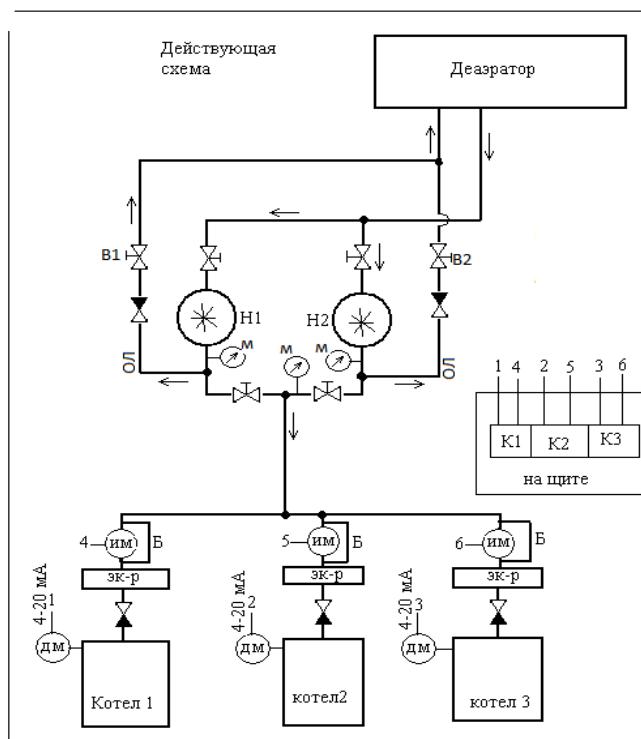


рисунок 1

Обозначения на рисунке 1:

H1, H2 – основной и резервный питательные насосы. Марка, модель, производитель: Grundfos-CR-45-6 (Германия)

K1, K2, K3 – контроллеры управления уровня воды в котлах.

ИМ – исполнительный механизм.

ДМ – датчик давления пара в барабане котла.

Эк-р – экономайзер.

ОЛ – обратная линия.

B1, B2 – запорные вентили обратной линии.

M – манометры.

Б – байпас.

Комплекс мер по устранению недостатков вышеописанной системы управления питанием паровых котлов включает в себя принципиальные изменения в схему подачи питательной воды, а именно:

- на каждый из котлоагрегатов установлен отдельный питающий насос;
- внедрена система управления насосов посредством частотных преобразователей [1];
- отказ от трубопровода рециркуляции.

Задачи, которые требуется решить при модернизации системы питания котлов:

1. Импортозамещение – замена всех элементов системы иностранного производства (в нашем случае это насосы) на отечественные аналоги.
2. Энергосбережение – решить задачу перерасхода электроэнергии.
3. Исключение вмешательства обслуживающего персонала в технологический процесс (разработка АСУТП).

Решение задач:

1. Единственным, но достаточно дорогостоящим элементом иностранного производства данной системы являются питательные насосы:

Grundfos-CR-45-6 (Германия). Стоимость каждого с учетом НДС и доставки составляет 450 тыс. руб. Т.е. суммарная стоимость 900 тыс. руб.

Отечественным аналогом является насос ЦНСГ13-140-5.

Характеристики:

Номинальная мощность двигателя 11 кВт,

Максимальный расход воды 13 м<sup>3</sup>/ч,

Максимальный напор 140 м,

Стоимость 82 тыс.руб.

Производитель: ООО «Ясногорский насосный завод», Тульская обл.  
г. Ясногорск. [2]

ЦНСГ13-140-5 Насос центробежный многоступенчатый, секционный, горизонтальный с односторонним расположением разгруженных рабочих колес. В многоступенчатых насосах поток перекачиваемой жидкости перемещается последовательно несколькими рабочими колесами, смонтированными на одном валу. Корпус многоступенчатого секционного насоса состоит из отдельных секций. Секционная конструкция корпуса насоса позволяет увеличить или уменьшить напор, не изменяя подачи.

Согласно схеме (вариант 1) требуется установка 4-х насосов – по одному на каждый котел плюс один резервный, суммарной стоимостью 328 тыс. руб.

2. Проблема перерасхода электроэнергии решается установкой частотных преобразователей на двигатели насосов. Под наши задачи подхо-

дят: ERMAN ER-01T-011T4 – частотный преобразователь с функцией ПИД-регулятора. Производитель: конструкторское бюро «АГАВА», г. Челябинск. Стоимость преобразователя частоты 24 тыс.руб. Суммарная стоимость 4-х преобразователей 96 тыс.руб. Экономия электроэнергии достигает 50-60% по сравнению с действующей схемой питания котлов.

3. Полностью автоматическое управление уровнем воды в котлах достигается путем использования функций ПИД-регулятора частотного преобразователя. Датчики («ДМ» на схеме) измеряют уровень воды и передают токовый аналоговый сигнал на ЧП, который за счет изменения частоты питающей сети изменяет расход воды и напор насоса, поддерживается заданный уровень воды в котлах. В случае выхода какого либо насоса из строя, переключение на резервный занимает не более 5-и минут: подается питание на резервный ЧП, перекрываются/открываются соответствующие вентили, переключаются соответствующие ключи (К1 или К2 или К3) перенаправляющие сигнал с датчика ДМ на резервный ЧП. Трубопровод рециркуляции исключается из действующей.

Произведем расчет экономической целесообразности разработанной АСУТП:

Во-первых: выполнение программы импортозамещения – замена дорогостоящего немецкого оборудования на существенно более доступные отечественные аналоги (исчезает зависимость от европейских производителей).

Во-вторых: экономия электроэнергии, по сравнению с действующей схемой достигающей 60-ти % или 450 тыс.руб. в год.

В третьих: Экономия на стоимости оборудования. Стоимость оборудования действующей схемы питания котлов сведена в таблицу 1 (указаны только те элементы, которые исключены из схемы на рисунке 2).

Оборудование	Кол-во	Цена (тыс. руб.)	стоимость	итого
Задвижки Ду 80	4	4,3	17,2	
Насосы Grundfos-CR-45-6 (Германия)	2	450	900	
Задвижки Ду 50	2	3,2	6,4	
Обратные клапаны Ду 50	2	4,2	8,4	
Исполнительные механизмы МЭО-40/25-0.25-93	3	7,4	22,2	
Клапаны КРП 50М	3	14,2	42,6	
Байпасная линия	3	9,6	28,8	
Контроллеры Метакон-533 (на щите)	3	10	30	
				1.055

Таблица 1

Стоимость элементов схемы рисунок 2 сведена в таблицу 2

оборудование	Кол-во	Цена (тыс. руб.)	Стоимость (тыс. руб.)	итого
Задвижки чугунные Ду 80	4	4,3	17,2	463
Насосы ЦНСГ-13-140-5 (Россия)	4	82	328	
Задвижки чугунные Ду 50	7	3,2	22,4	
Частотные преобразователи ERMAN-ER-01T-011T4 (Россия)	4	24	96	

Таблица 2

Таким образом, стоимость оборудования схемы варианта 1 по сравнению со стоимостью оборудования находящегося в работе меньше в 2,3 раза.

В четвертых: исключение участия оператора в системе управления питанием котлов.

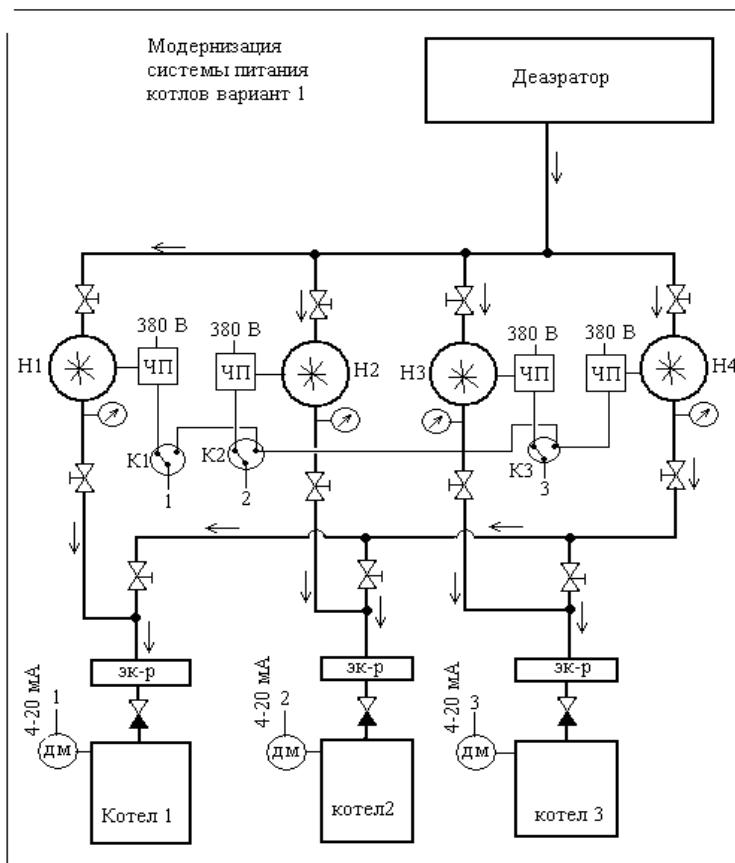


рисунок 2

Обозначения на рисунке 2.

H1, H2, H3 – насосы питания котлов 1, 2 и 3 соответственно.

H4 – резервный насос питания котлов.

ЧП – частотные преобразователи.

K1, K2, K3 – ключи переключения сигналов с датчика «ДМ».

Эк-р – экономайзер.

ДМ – датчик уровня воды в барабане котла.

Стоит заметить, что при практической настройке системы регулирования следует учесть необходимые аспекты теории автоматического управления, в том числе инерционность системы, зоны гистерезиса, пропорциональные, интегральные и дифференциальные составляющие объекта управления.

#### Список литературы:

1. Преимущества частотного регулирования электродвигателя [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://privod-el.ru/prim.html>, свободный.
2. Ясногорский насосный завод. Центробежные насосы [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yanzv.com>, свободный.