

К ВОПРОСУ О СХЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ИХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

И. К. ЛЕБЕДЕВ

Замечания о схемах автоматического регулирования процессов горения

Как известно, при параллельной работе нескольких котлов на общую паровую магистраль, при автоматизации процессов горения часто устанавливается один регулятор давления пара, именуемый главным регулятором, на несколько или даже на все котлы. Чувствительный элемент этого регулятора воспринимает изменение давления пара в паропроводе и через регуляторы топлива воздействует на подачу топлива одновременно всех автоматизированных котлов, изменяя их паропроизводительность. Такая схема имеет ряд существенных недостатков.

При изменении общей нагрузки котельной происходит одновременное изменение нагрузки на всех агрегатах независимо от их нагрузок в момент, предшествующий изменению нагрузки котельной. Кроме этого, даже при постоянной общей нагрузке котельной всякие изменения нагрузки на одном из котлов, вызываемые, например, изменениями подачи пыли отдельными пылепитателями в силу нестабильности их рабочей характеристики или другими внутренними для данного котла причинами, приводят также к изменениям нагрузки на всех котлах. Таким образом, в большинстве случаев автоматическое регулирование в силу особенностей схемы не обеспечивает поддержания постоянной нагрузки на котлах, а заставляет их работать все время на переменных режимах даже в том случае, когда это не вызывается характером работы потребителей пара. Нетрудно видеть, что такой режим работы котельных агрегатов вызывает понижение их экономичности.

В ряде работ, посвященных выбору экономичных распределений нагрузок между котельными агрегатами [1; 2], доказывается, что при параллельной работе различных котлов на один паропровод, что часто имеет место на наших электростанциях, строящихся в несколько очередей в разное время, экономичное распределение нагрузок соответствует одинаковым относительным приростам расхода топлива для всех котлоагрегатов. Указывается [2], что распределение нагрузки этим методом по сравнению с распространенным методом деления котлов на регулирующие и базовые дает экономию топлива до 6%, а в среднем 2—4%. Однако при этом методе распределения нагрузки по котлам часто имеет место участие нескольких или всех котлов в покрытии пиков нагрузки котельной, причем изменение нагрузки на котлах получается неодинаковым. Указанная выше схема автоматического регулирования при наличии одного общего регулятора давления не обеспечивает автоматического оптимального распределения нагрузок по отдельным котлам.

Вместе с этим необходимо отметить, что наличие одного общего регулятора давления в виде главного регулятора не упрощает, а усложняет

схему автоматического регулирования, так как наличие главного регулятора не освобождает систему регулирования каждого котла от регуляторов топлива, а длинные импульсные линии от главного регулятора к регуляторам топлива каждого котла усложняют обслуживание и вызывают удорожание всей схемы в целом.

Указанные недостатки могут быть устранены введением чисто индивидуальных схем автоматического регулирования для каждого котла с остаточной неравномерностью регулирования. При этом величина остаточной неравномерности и настройка статических характеристик регулирования для каждого котла должны быть выбраны, исходя из условий обеспечения автоматического оптимального распределения нагрузки между котельными агрегатами при изменениях общей нагрузки котельной. Метод построения статических характеристик и определения неравномерности регулирования для каждого котла лучше всего можно показать на отдельных примерах, приведенных ниже.

Построение статических характеристик регулирования для нескольких котлов

Рассмотрим на примере построение статических характеристик и определение неравномерности регулирования для трех котлов, работающих на одну паровую магистраль.

Пусть, например, оптимальное распределение нагрузок по котлам, определенное методом одинакового приращения расхода топлива на единицу нагрузки, приведено на рис. 1(а), как это рекомендуется делать [2]. В дан-

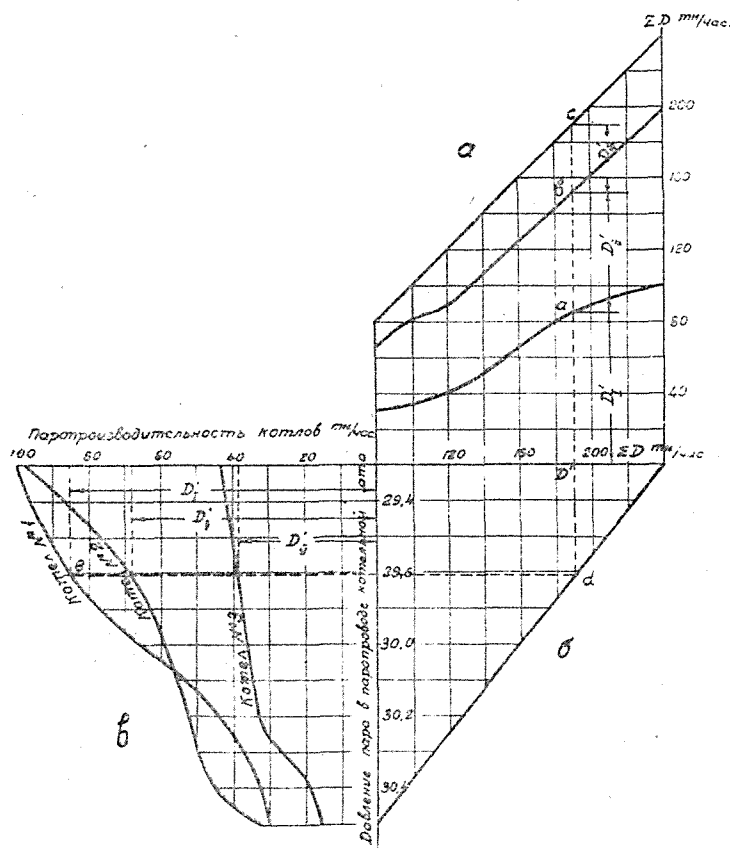


Рис. 1.

ном графике по оси абсцисс отложена общая паровая нагрузка котельной в *т/час*, а по оси ординат отложены нагрузки отдельных котлов. Разумеется, что величина нагрузки котлов, отложенная на правой оси ординат, отвечает их максимально допустимой нагрузке, а на левой оси—их допустимой минимальной нагрузке.

Зададимся общей неравномерностью регулирования давления пара в общем паропроводе котельной. Пусть эта неравномерность выражается в виде прямолинейной зависимости давления пара в паропроводе от нагрузки, отложенной на рис. 1(б); при этом давление в паропроводе в каком-то масштабе откладываем вниз по оси ординат. Эту зависимость можно было бы изобразить на отдельном рисунке, но для удобства дальнейших построений ось суммарной нагрузки котельной для рисунков 1(а) и 1(б) возьмем общей.

Статической характеристикой регулирования каждого котельного агрегата назовем зависимость давления пара в паропроводе от паровой нагрузки котла. Для построения статических характеристик котлов отложим в каком-либо масштабе по горизонтали влево ось нагрузок котлов от начала оси суммарной нагрузки котельной (рис. 1(в)). При этом в квадранте 1(в) будут представлены статические характеристики котлов. Давление в паропроводе каждого котла будет всегда равным давлению в общем паропроводе, поэтому для построения статических характеристик котлов в целях удобства дальнейшего построения принята та же ось давлений, что и для построения общей неравномерности давления.

Возьмем какую-либо общую нагрузку котельной, например, D' и отложим ее на оси суммарных нагрузок котельной. Проведем через эту точку вертикальную прямую, которая в точке a пересечется с кривой нагрузки котла № 1, в точке b —с линией нагрузки котла № 2, в точке c —с линией нагрузки котла № 3, а в точке d —с линией неравномерности давления пара в общем паропроводе котельной. Нетрудно видеть, что линия $D'a$ будет представлять собой нагрузку котла № 1, обозначенную на чертеже D'_1 , линия $D'd$ —давление в общем паропроводе, а следовательно, и давление для котла № 1. Отложим нагрузку D'_1 котла № 1 на оси нагрузок котлов в виде отрезка прямой (рис. 1(в)). Через конец этого отрезка проведем вниз вертикальную прямую, а через точку d влево проведем горизонтальную прямую. Пересечение этих прямых в квадранте 1(в) (точка e) будет точкой статической характеристики регулирования котла № 1. Задаваясь другими значениями нагрузок котельной D'' , D''' , D'''' и т. д., таким же методом можно найти все другие точки статической характеристики регулирования котла № 1. Аналогичным путем можно построить статические характеристики регулирования и двух других котлов. Построенные этим методом статические характеристики регулирования показаны на рис. 1(в).

Как видно из чертежа, для получения автоматического распределения нагрузок по котлам согласно графику распределения нагрузок (рис. 1(а)) статические характеристики котлов при прямолинейной зависимости давления в паропроводе котельной от общей нагрузки котельной не будут прямолинейными, а с другой стороны, они не должны быть одинаковыми для различных котлов. Так, если вначале статическая характеристика котла № 1 будет более пологой, то к концу она будет более крутой. Что касается статической характеристики котла № 2, то здесь имеется обратная картина. Это означает, как это видно и из графика распределения нагрузок, что при увеличении общей нагрузки котельной сначала это изменение нагрузки будет в большей степени покрываться котлом № 1 при сравнительно меньшем изменении нагрузки на котле № 2, а в конце регулирования роли этих котлов в покрытии общей нагрузки котельной переместятся.

Зная статическую характеристику регулирования котла, нетрудно определить неравномерность регулирования. Эта неравномерность для характеристики криволинейного вида будет различной в каждой точке характеристики и может быть определена графически как первая производная от давления по нагрузке котла.

В случае наличия в котельной нескольких совершенно одинаковых агрегатов принцип равенства относительных приростов приводит к требованию равномерного распределения нагрузки между агрегатами [1]. В этом случае построение статических характеристик регулирования котлоагрегатов проведено на рис. 2. Как видно из этого рисунка, статические харак-

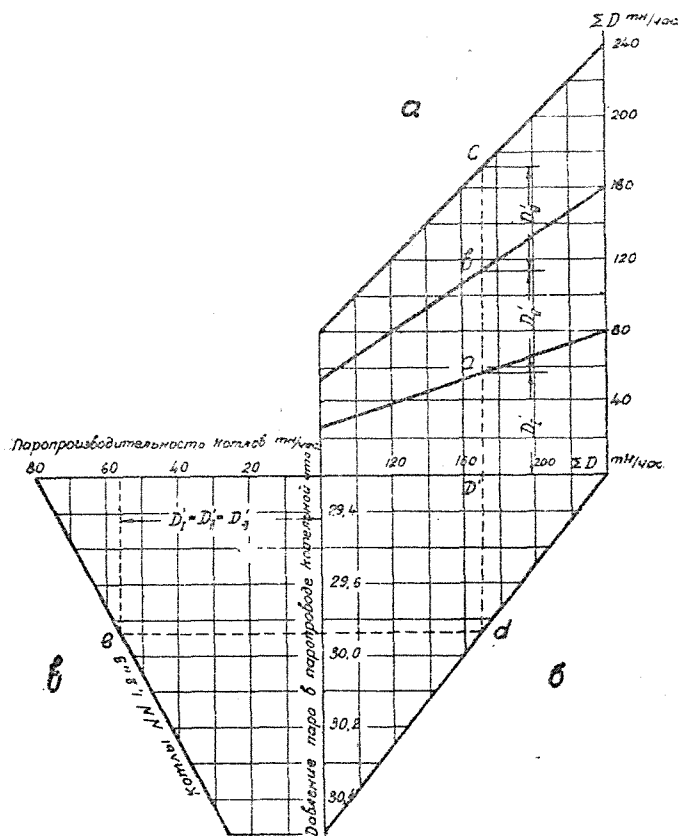


Рис. 2.

теристики регулирования всех котлов получаются одинаковыми, прямолинейными, а степень неравномерности регулирования каждого котла составляет $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_k$; где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ — степень неравномерности регулирования отдельных котлов, δ_k — степень неравномерности давления в паропроводе котельной.

Перераспределение нагрузки по котлам при наличии жестких статических характеристик регулирования

Жесткие статические характеристики регулирования котельных агрегатов позволяют не только поддерживать определенную нагрузку на каждом агрегате при определенных суммарных нагрузках котельной, но и позволяют очень легко производить перераспределение нагрузок по котлам

вплоть до выделения отдельных котлов в базовые, несущие постоянную нагрузку, с передачей регулирования на отдельные агрегаты.

Пусть, например, имеется два одинаковых котла с одинаковыми статическими характеристиками регулирования. Изобразим эти статические характеристики так, как показано на рис. 3. При одинаковых статических

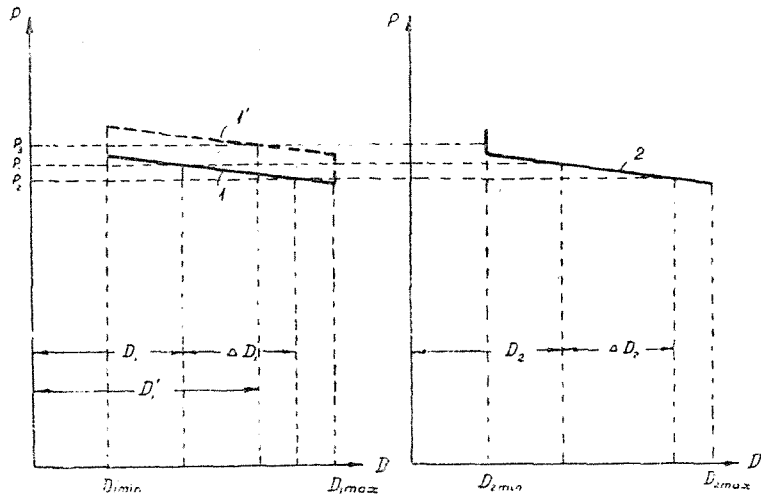


Рис. 3.

характеристиках и при одинаковой их настройке при определенном давлении в паропроводе котельной, например p_1 , оба котла будут нести одинаковые нагрузки D_1 и D_2 . При изменении давления в паропроводе котельной изменение нагрузок котлов будет также одинаковым.

Путем настройки чувствительного элемента на различные давления статическую характеристику любого из котлов можно переместить вверх или вниз. При этом при определенном давлении в паропроводе котельной нагрузки, которые будут нести котлы, будут уже неодинаковыми.

Переместим указанным способом статическую характеристику котла № 1 вверх до положения, обозначенного $1'$. При этом котел № 1 в пределах суммарных нагрузок, от $(D_{1\min} + D_{2\min})$ до $(D_{1\max} + D_{2\max})$, будет работать как базисный котел с постоянной нагрузкой $D_{1\max}$, а все изменения нагрузки котельной будут восприниматься котлом № 2. В пределах суммарных нагрузок котельной от $(D_{1\min} + D_{2\min})$ до $(D_{1\max} + D_{2\min})$ котел № 2 будет работать при минимальной нагрузке, а котел № 1 будет воспринимать все изменения нагрузки котельной, то есть будет регулирующим котлом. Ясно, что при этом статические характеристики регулирования будут иметь вертикальные участки: котел № 1 в конце характеристики, а котел № 2 в начале характеристики, как это показано на рис. 3.

Легко можно показать, что, не меняя статических характеристик регулирования котельных агрегатов, можно изменить минимальные и максимальные нагрузки котлов, то есть переместить их статические характеристики регулирования вправо или влево. При использовании в качестве привода питателей пыли электромоторов постоянного тока, как это обычно имеет место, это перемещение статических характеристик влево или вправо легко выполнить с помощью настроечных реостатов питателей пыли.

Нетрудно представить себе, что при наличии нескольких котлов в котельной, имеющих индивидуальные системы автоматического регулирования, ряд котлов может быть, если это экономически выгодно и необходимо, выделен путем настройки чувствительных элементов в категорию базисных котлов с постоянной нагрузкой, а покрытие изменения нагрузок мо-

жет быть возложено на отдельные регулирующие котлы. При этом всякие изменения нагрузки котельной, а также и сбросы нагрузок на отдельных котлах не будут вызывать отражения на работе котлов с базовой нагрузкой, а будут восприниматься только регулируемыми котлами.

Выводы

1. Индивидуальные системы автоматического регулирования котельных агрегатов при их параллельной работе позволяют производить автоматически экономически выгодное распределение нагрузок по котлам.

2. Индивидуальные системы автоматического регулирования параллельно работающих котлов должны иметь статические характеристики регулирования с определенной неравномерностью регулирования.

3. Индивидуальные системы регулирования со статической характеристикой позволяют обеспечивать работу ряда котлов при постоянных нагрузках.

4. Индивидуальные системы регулирования проще, чем системы с главным регулятором.

Что касается динамики параллельно работающих котлов с индивидуальными системами автоматического регулирования, а также вопросов, связанных с выбором величины неравномерности регулирования давления пара в паропроводе котельной, то они будут рассмотрены в особых работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горнштейн В. М. Наивыгоднейшее распределение нагрузок между параллельно работающими электростанциями. ГЭИ, 1949.
 2. Котельные установки, т. II, под редакцией Э. И. Ромма. ГЭИ, 1946.
-