

1. Стрелюк М.И., Сергей И.И. Расчет электродинамической стойкости гибкой ошиновки открытых распределительных устройств высокого напряжения // Электричество. — 1984. — № 1. — С. 10–14. 2. Стрелюк М.И., Сергей И.И., Бладыко Ю.В. Расчет электродинамических воздействий гибкой ошиновки ОРУ на элементы и опорные конструкции электрических аппаратов // Изв. вузов СССР. Энергетика. — 1983. — № 11. — С. 36–40. 3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М., 1984. — 832 с.

УДК 621.181.6(088.8)

В.И.ЛИТВИНЕЦ, канд.техн.наук,  
К.Э.КАЩЕЕВА (БПИ)

## К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРУППЫ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Надежность работы отопительных районных котельных (РК) в значительной степени зависит от уровня автоматизации и контроля состояния водогрейных котлов в переходных режимах, от согласования управляющих воздействий при перераспределении нагрузки между агрегатами в результате изменения теплопотребления в тепловых сетях. В связи с тем что водогрейные котлы (например, ПТВМ) имеют схему циркуляции без перемешивания среды, надежность работы поверхностей нагрева определяется равномерностью распределения воды по трубам и их обогрева. Это может быть обеспечено при максимальном расходе воды через котел и значительном запасе по температуре насыщения при всех включенных горелках.

Для снижения скорости низкотемпературной сернокислой коррозии при сжигании мазута рекомендуется [1] температуру воды перед котлом поддерживать не ниже заданной уставки ( $\approx 104^\circ\text{C}$ ). В зависимости от наличия подогревателей или от варианта включения поверхностей нагрева котла (двух- или четырехходового) необходимо использовать имеющиеся контуры рециркуляции или же работать с пониженной теплопроизводительностью. Поддержание постоянной температуры воды на входе в котлы немаловажно и при сжигании газа ( $t_{\text{вх}} = 60\text{--}70^\circ\text{C}$ ).

Поддержание технологического режима группы водогрейных котлов усложняется из-за перераспределения потока воды по агрегатам с изменением нагрузки. При этом гидравлический режим группы параллельно включенных котлов постоянно нарушается во время работы регулятора температуры прямой сетевой воды, воздействующего на клапан расхода воды в перемычке помимо котлов. Следует отметить, что изменение температуры прямого потока воды имеет сложный характер, так как первоначальное отклонение температуры в результате воздействия на клапан перемычки помимо котлов частично (или полностью) компенсируется изменением температуры воды на выходе котлов из-за перераспределения потоков (рис. 1, а). Нарушение гидравлического режима котельной обусловлено взаимосвязью контуров рециркуляции и перепуска обратного потока воды помимо котлов, а также различным гидравлическим сопротивлением агрегатов относительно магистральных трубопроводов к потребителям тепла.

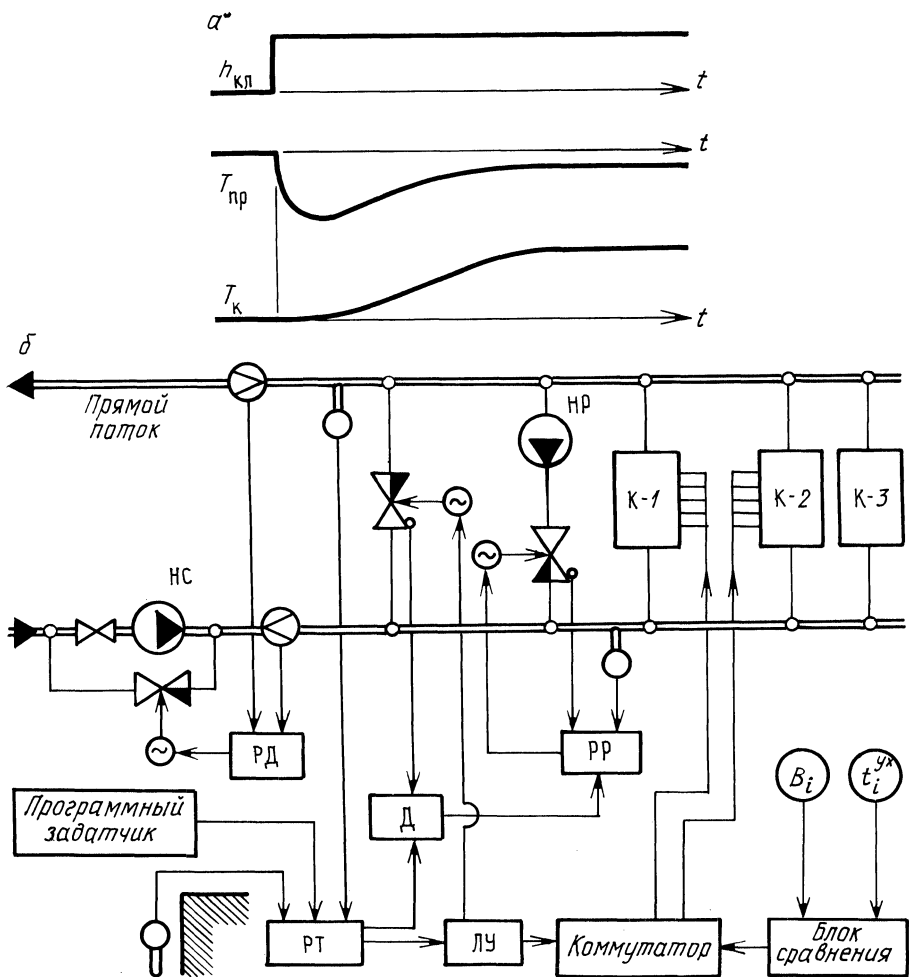


Рис. 1. Переходные процессы (а) и принципиальная схема регулирования теплопроизводительности группы водогрейных котлов (б): ЛУ – логическое устройство; Д – дифференциатор;  $B_i$ ;  $t_i^{yx}$  – датчики расхода топлива и температуры уходящих газов соответственно  $i$  котла; НС – насос рециркуляции.

Для обеспечения нормальной работы агрегатов котельной при изменении гидравлического режима потребителя предусматривается [2, 3] регулирование давления воды перед котлами по соотношению расходов в прямом и обратном трубопроводах (рис. 1, б), которое осуществляется воздействием регулятора давления (РД) на клапан байпаса сетевых насосов или использованием буферной емкости (фирма Раума-Репол). Этот контур регулирования является быстродействующим, не создает возмущений смежным регуляторам и работает автономно.

Стабилизация температуры перед котлами осуществляется воздействием

на клапан расхода воды в контуре рециркуляции. Если объект состоит из нескольких групп котлов со своими насосами рециркуляции, необходимо выполнить синхронизацию хода клапанов с учетом степени влияния каждого из них на гидравлический режим РК. При этом ограничение управляющего воздействия на клапаны рециркуляции должно производиться по дискретным сигналам о снижении расхода воды через котлы. Данная блокировка обязательна при автоматическом регулировании температуры перед котлами. Поскольку изменение расхода воды в перемычке помимо котлов приводит к перераспределению потоков и соответствующему изменению температуры воды за котлами, целесообразно осуществлять упреждающее воздействие на регулятор рециркуляции (РР) по одному из параметров: температуре воды прямого потока или положению клапана перемычки. Таким образом, достигается инвариантность работы контура регулирования рециркуляции воды в котлах и контура обвода.

Регулирование температуры прямого потока воды осуществляется традиционным способом [ 2 ] , который предусматривает изменение расхода топлива и подмешивание холодной воды из обратного трубопровода в прямой. Принципиальная схема системы, включающей элементы технологического оборудования и устройства управления, приведена на рис. 1, б. Изменение теплопроизводительности РК осуществляется согласованной работой всех контуров, при этом быстроедействие РД и первичного управления клапаном перемычки помимо котлов позволяет обрабатывать высокочастотные (или кратковременные) возмущения режима, а работа в соответствии с теплофикационным графиком и по заданной программе обеспечивается избирательным действием регулятора температуры (РТ) на горелочные устройства котлов.

Учитывая динамику контуров системы, следует отметить, что связь от регулятора температуры через дифференциатор (упреждающий элемент) на регулятор рециркуляции обеспечивает его автономность по отношению к ряду эксплуатационных возмущений. Введение режима регулирования теплопроизводительности РК параллельным воздействием на расход топлива в котлы и изменением степени перепуска холодной воды из обратного потока в прямой согласует инерционный контур подавления котлами возмущений по температуре прямого потока воды и быстродействующий контур перепуска обратного потока помимо котлов, предотвращает их взаимное раскачивание. Использование регулятора давления воды способствует нормализации гидравлического режима РК и достижению автономности работы контуров в различных режимах, а инерционность регулирования температуры воды перед котлами путем изменения степени рециркуляции позволяет добиться в динамике инвариантности по отношению к контуру обвода помимо котлов.

Таким образом, погорелочное регулирование нагрузки вследствие инерционности объекта используется для обеспечения диапазона работы контура подмешивания, а нежелательное влияние перекрестных технологических связей устраняется работой быстродействующих регуляторов давления и температуры, в результате чего достигается инвариантность гидравлического и температурного режимов котельной, повышается надежность и качество регулирования теплопроизводительности РК.

Рекомендуемый способ испытан в РК г. Минска и используется на котельных малой и средней производительности в условиях Севера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Типовая инструкция по эксплуатации газомазутных теплофикационных водогрейных котлов типа ПТВМ. – М., 1979. – 28 с. 2. Бузников Е.Ф., Крылов А.К., Лесниковский Л.А. Комбинированная выработка пара и горячей воды. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с. 3. А. с. 1068908 (СССР). Способ управления теплопроизводительностью группы водогрейных котлов / В.И.Литвинец, В.Б.Рубахин, Ю.В.Рымашевский и др. – Оpubл. в Б. И., 1984, № 3.

УДК 621.316.35.001.24

М.И.СТРЕЛЮК, И.И.СЕРГЕЙ, канд-ты  
техн.наук, Ю.В.БЛАДЫКО, Ю.ЮСЕФ (БПИ)

### РАСЧЕТ ОТКЛОНЕНИЙ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Согласно ПУЭ-76 (IV-2-55) расстояния в свету между гибкими шинами открытых распределительных устройств (ОРУ) должны выбираться с учетом их горизонтального отклонения под действием ветра. Расчет горизонтальных отклонений производится по выражению

$$f_y = f \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $f_y$  – горизонтальное отклонение провода;  $f$  – стрела провеса провода;  $\alpha$  – угол отклонения плоскости провода от вертикали.

$$\alpha = \arctg(P_y/P_z), \quad (2)$$

где  $P_y$  – воздействие ветра на провод;  $P_z$  – сила тяжести провода.

При таком подходе к расчету горизонтальных отклонений проводов шин не учитываются натяжные гирлянды изоляторов и сосредоточенные нагрузки (шлейфы к смежным пролетам, отпайки к электрическим аппаратам), а кривая провисания ошиновки является плоской линией.

В проектной практике при определении угла отклонения в выражение (2) подставляются суммарные нагрузки от проводов и натяжных гирлянд изоляторов. Предполагается также, что при воздействии ветра провод и натяжные гирлянды изоляторов лежат в одной плоскости.

Ввиду повышенных требований к надежности ОРУ 500–750 кВ мощных АЭС при выборе расстояний между фазами гибких шин таких ОРУ, проектируемых институтом "Атомтеплоэлектропроект", расчет горизонтальных отклонений производился как обычными традиционными способами ручного счета, так и на ЭВМ.

Расчет вручную производился согласно формулам (1), (2), приведенным в "Указаниях по механическому расчету проводов гибкой ошиновки ОРУ 35–500 кВ", которые разработаны институтом "Энергосетьпроект" в 1968 г. Для работы на ЭВМ использовалась программа механического расчета гибкой ошиновки ОРУ с учетом ее конструктивных элементов, подготовленная в 1984 г. на кафедре "Электрические станции" БПИ в рамках целевой комп-