

надежности во всем Таможенном пространстве (Беларусь-Россия-Казахстан), что на сегодняшний день юридически пока не определено и требует, по-видимому, создания системы механизмов координации на международном уровне. На первом этапе решения задачи коррекции режима ЭЭС можно ограничиться возможностью регулирования потоков ЛЭП с помощью средств генерации активной и реактивной мощности (электростанции системы и источники реактивной мощности). В этом случае критерием оптимальности считаются минимальные изменения узловых мощностей (по сравнению с исходным режимом), затем подключаются узлы с источниками регулирования активной и реактивной мощности, соответствующие ветвям, имеющим трансформаторы с РПН.

УДК 681.5

В. И. Бакаленко, доц., канд. техн. наук;
О. Г. Барашко, доц., канд. техн. наук; Т. А. Дейнека, ассист.
(БГТУ, г. Минск)

НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

Температура теплоносителя в подающем (t_1) и обратном (t_2) трубопроводах теплосети изменяется зависимости от температуры наружного воздуха ($t_{нв}$) в соответствии с графиком центрального качественного регулирования (ЦКР). При этом предполагается, что при температуре окружающей среды, равной плюс 18°C , теплоотдача должна быть равной нулю, т. е. температура воды в трубопроводах теплосети тоже должна быть равна 18°C .

В реальных условиях такого уменьшения температуры не происходит, т. к. для нагрева горячей воды до требуемых 50°C , температура в подающем трубопроводе не должна опускаться ниже $60\text{-}70$ градусов. В результате этого при температурах выше плюс 2°C батареи системы отопления имеют более высокую температуру, и имеет место так называемый перетоп. Поэтому сегодня практически каждый дом оснащен системой автоматического регулирования, дополняющей ЦКР местным количественным регулированием, цель которого обеспечить зависящую от температуры наружного воздуха подачу тепла во всем диапазоне изменений температуры наружного воздуха. Это достигается изменением количества теплоносителя, отбираемого из тепловой сети.

Упрощенная схема такой системы регулирования приведена на рисунок 1, где изменение температуры теплоносителя в системе отопления (t_{11}) осуществляется изменением количества теплоносителя G , отбираемого из тепловой сети. Сегодня потребителю предлагается большое количество специализированных микропроцессорных

устройств, позволяющих организовать регулирование с достаточно высоким качеством.

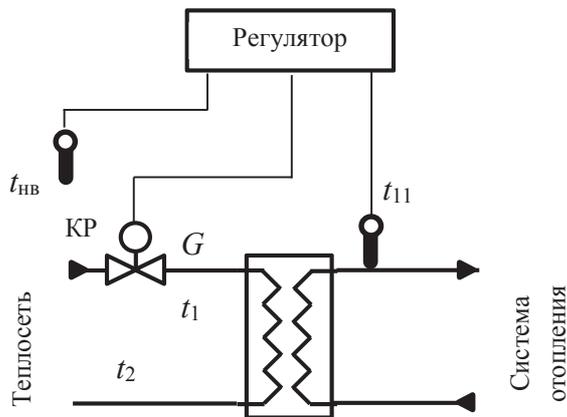


Рисунок 1 – Схема регулирования теплотребления

Наиболее часто встречающимися ошибками, не позволяющими полностью использовать предоставляемые возможности, являются неправильный выбор исполнительного механизма (ИМ) и установленные настройки регулятора.

В первом случае, чаще завышается значение K_y регулирующего органа (РО), в результате чего РО работает на начальном участке своей характеристики,

обеспечивая близкий к релейному закон регулирования.

Во втором случае в процессе эксплуатации имеет место изменение характеристик объекта, и установленные ПИД-коэффициенты не являются оптимальными во всем диапазоне этих изменений.

Обычно, в эксплуатационной документации приводится приближенный алгоритм настройки ПИД-коэффициентов, основанный на экспериментально определяемых коэффициенте передачи и постоянной времени объекта. Эта процедура проводится в начале отопительного сезона, когда температура наружного воздуха около плюс $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В течение отопительного сезона температура может опускаться до минус $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, что приводит к изменению статической характеристики объекта регулирования.

Системы отопления здания можно рассматривать как апериодическое звено с запаздыванием [1]. Постоянная времени может составлять несколько часов, причем процесс нагрева и охлаждения происходит с разной скоростью. Коэффициент передачи K_o увеличивается с ростом температуры теплоносителя. Постоянная времени самого здания колеблется от десятков до сотен часов.

При регулировании отопления, учитывая малую амплитуду и медленный характер возмущений, регулятор, настроенный в начале отопительного сезона с определенным запасом устойчивости, обеспечивает удовлетворительный результат в течение всего отопительного сезона. Кроме того, предлагаемые на рынке адаптивные регуляторы позволяют производить периодическую автоподстройку.

Системы горячего водоснабжения (ГВС) характеризуются малой инерционностью, значительными и резкими возмущениями. В таких системах установка РО с K_y , превышающим расчетное значение, оказывает

гораздо большее влияние на качество регулирования, чем в системах отопления. Наиболее приемлемой характеристикой РО для систем ГВС является логарифмическая или близкая ей билинейная (составная) [2], в то время как на объектах преимущественно используются РО с линейной характеристикой. Кроме того, как показывают результаты экспериментов, у таких РО в начальной части расходной характеристики имеется отклонение от линейности в большую сторону.

Как и в системах отопления, изменение температуры теплоносителя в сети приводит в системах ГВС к изменению K_o объекта по каналу управления в несколько раз. И, если, эти изменения происходят очень медленно, то изменения K_o вследствие водоразбора происходят значительно быстрее (десятки секунд), причем в течение суток такие изменения могут происходить несколько раз. В результате, приходится искать компромисс, приводящий к тому, что установленные настройки ПИД-коэффициентов обеспечивают удовлетворительное качество регулирования в течение короткого времени работы.

Использование режима автоподстройки ПИД-коэффициентов также не всегда оправдано, так как в таких условиях не каждый алгоритм адаптации способен справиться с поставленной задачей.

Еще одна ошибка при настройке системы регулирования связана с тем, что в качестве ИМ в системах регулирования ГВС рекомендуется выбирать быстродействующие электроприводы с временем хода штока от 15 до 40 с. При этом не дается рекомендаций по выбору зоны нечувствительности регулятора ($\delta_{неч}$) и минимального времени воздействия на ИМ ($\tau_{мин}$). Часто, для увеличения ресурса работы переключающих реле регулятора, минимальное время воздействия устанавливают около 1 сек. Тогда у быстродействующего ИМ изменение положения РО может вызвать изменение температуры, превышающее зону нечувствительности, что приведет к колебательному переходному процессу.

Чтобы избежать этого, необходимо, как минимум, обеспечить неравенство $k_{об} \cdot \tau_{мин} < \delta_{неч}$

Обеспечить требуемое качество регулирования в системах ГВС в течение всего отопительного сезона можно, создавая более сложные, чем одноконтурные, системы, использующие дополнительную информацию о характеристиках объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / С.А. Чистович, В.Б. Харитонов. – СПб: АВОК Северо-Запад, 2008. – 304 с.
2. Регулирующие клапаны и исполнительные механизмы / Каталог. – ООО Данфосс, Москва, 2020. – 354 с.