

## ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕПЛОВой ИНЕРЦИИ ТЕРМОПАР В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

Т.С. Бойкова, Ю.К. Атрошенко

Научный руководитель к.т.н., ст. преподаватель ИШЭ НОЦ И. Н. Бутакова Ю.К. Атрошенко  
Томский политехнический университет  
tomassb@mail.ru

Во всех отраслях деятельности человека присутствует связь с таким показателем, как температура. Проблемы получения оперативной и достоверной информации о текущих значениях температуры всегда были важны. Несмотря на развитые технологии, существуют отрасли, в которых есть проблемы получения результатов измерения от датчиков температуры. Такая проблема, например, имеет место при измерении температуры на тепловых электрических станциях, где температура является одним из главных параметров, характеризующих качество и надежность работы станции [1]. Измерения температуры на ТЭС составляют до 50 % от общего числа измерений [2], это важно для контроля процессов, анализа технических и экономических показателей производства энергии, а также для оценки надежности и долговечности работы оборудования при различных условиях. При регулировании температуры на современных электрических станциях к системам предъявляются жесткие требования: главным образом, точность поддержания параметра на заданном значении. Превышение температуры пара в течение нескольких часов даже на несколько градусов приводит к потере ресурса поверхностей нагрева котла, эквивалентного нескольким месяцам эксплуатации при нормативных параметрах [3].

Регулирование температуры перегретого пара выполняется в паровом тракте пароперегревателя котлоагрегата. Наибольшее распространение получила двухимпульсная система регулирования [4]. Принципиальная схема двухимпульсной автоматической системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара [5,6] показана на рис. 1.

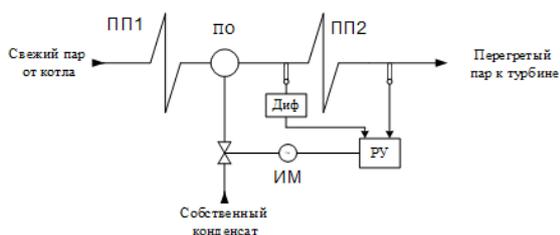


Рис. 1. Принципиальная схема двухимпульсной АСР температуры перегретого пара:

ПП1, ПП2 – пароперегреватель, ПО – парохладитель, ИМ – исполнительный механизм, РУ – регулирующее устройство, Диф – дифференциатор

Возмущения, идущие из предвключенных пакетов пароперегревателя в регулируемый участок можно отфильтровать с помощью внутреннего малоинерционного контура, а с помощью внешнего

инерционного контура обеспечивается поддержание температуры на заданном значении. Такая система может обеспечивать поддержание регулируемой величины на входе в участок пароперегревателя, а значит и более высокое качество регулирования параметра на выходе из перегревателя [6]. При расчете оптимальных настроек регуляторов для системы, схема которой показана на рис. 1, используются передаточные функции первичных преобразователей температуры (термоэлектрических преобразователей (ТЭП)). Передаточная функция термопары описывается выражением:

$$W_T(P) = \frac{K_T}{T_T \cdot P + 1}, \quad (1)$$

где  $K_T$  – коэффициент передачи термопары, определяемый ее номинальной статической характеристикой,  $T_T$  – постоянная времени термопары.

При расчете передаточной функции термопары на практике, как правило, пользуются значениями  $T_T$ , указанными в паспорте термоэлектрического преобразователя. Такие значения являются типовыми и не учитывают фактические условия монтажа датчика, которые могут приводить к значительному увеличению инерционности реакции термопары на изменение температуры [7], то есть изменению коэффициента  $T_T$ . Для измерения температуры пара на выходе из пароперегревателя используются погружаемые термоэлектрические преобразователи, устанавливаемые в защитные гильзы. Использование защитных гильз позволяет в случае необходимости проводить извлечение и замену датчика без остановки технологического процесса. В случае использования гильз на показатель тепловой инерции термопар будет оказывать влияние как материал, заполняющий гильзу, так и соотношение геометрических размеров чувствительного элемента датчика и защитной гильзы [8].

В зависимости от конструкции датчика для термоэлектрического преобразователя значения постоянной времени для большинства датчиков варьируется в диапазоне от 10 до 20 с, тогда как в реальных условиях при установке датчика в защитную гильзу этот показатель может быть выше в несколько раз. Для учета фактических условий монтажа датчика при расчете постоянной времени  $T_T$  термопары, целесообразно использовать модель теплопереноса в системе «защитная гильза – термоэлектрический преобразователь», соответствующую фактическим способам монтажа датчика и описанную в работах [7, 8].

В рамках выполнения работы с целью определения значений постоянных времени с помощью численного моделирования получены теоретические кривые разгона термоэлектрических преобразователей промышленного исполнения с НСХ  $K$  (ХА),  $E$  (ХКн) и  $L$  (ХК). На рис. 2 показаны кривые разгона для термопары типа  $E$  (ХКн) с учетом реальных условий монтажа [1] и для паспортных значений постоянной времени при фиксированных геометрических характеристиках чувствительного элемента датчика и заполнения гильзы кварцевым песком.

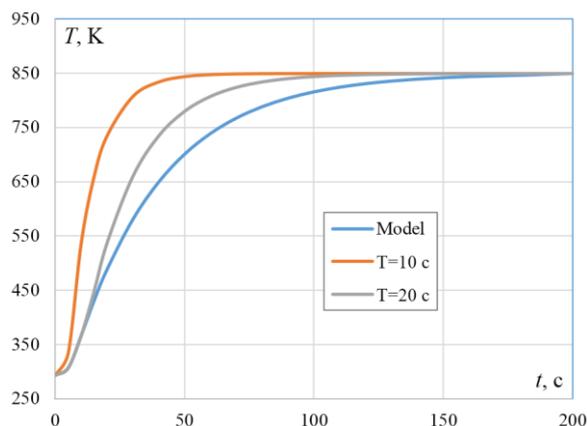


Рис. 2. Кривые разгона ТЭП, полученные с помощью модели и «паспортных» значений постоянной времени

Из рис. 2 видно, что полученная с помощью численного моделирования кривая разгона имеет существенно более высокую постоянную времени (более 50 с) по сравнению с «паспортными» значениями. Такие различия могут впоследствии оказывать влияние на качество процесса регулирования, так как могут не обрабатываться АСР с принятыми настройками регуляторов.

В работе выполнен расчет кривой разгона термоэлектрического преобразователя с учетом фактического способа монтажа датчика. Показано, что учет влияния защитной гильзы, буферного материала оказывает существенное влияние на параметры передаточной функции термопары. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что при расчете оптимальных параметров настройки регуляторов в системах регулирования температуры необходимо рассматривать датчик температуры не отдельно, а в комплексе со вспомогательной арматурой и материалами с учетом способа установки датчика. Необходимая длительность работы термопары может способствовать повышению точности измерения. Высокая инерционность системы на изменение температуры может привести к снижению надежности оборудования на ТЭС, так как большая

доля отказов приходится на оборудование, находящееся постоянно в высоком температурном режиме, претерпевающее постоянные механические нагрузки, оборудование, подверженное технологическим дефектам. Результаты полученных передаточных функций в зависимости от постоянной времени, будут применяться при расчете параметров настройки регуляторов и переходных процессов.

#### Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утв. Приказом Минэнерго от 19.06.2003 г. № 229), Москва. – 180 С.
2. РД 153-34.1-35.104-2001 Методические указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования на тепловых электростанциях с ПГУ, оснащенных АСУ ТП. – М.: Служба передового опыта ОРГРЭС. – 2002. – 61 С.
3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: учебник. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 408 с.
4. Кулаков Г.Т., Горельшева М.Л. Исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – Минск, 2009. – №4. – С.62-69;
5. Журавлева А.А., Шит М.Л. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара барабанного котла // Проблемы региональной энергетики. – Кичинев, 2006. – №1. – С. 16-29;
6. Жирнова М.Е., Григорьева М.М. Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара парогенератора Е-270-13,8-510 // Теплофизические основы энергетических технологий. – Томск, 2010. – С. 273–277;
7. Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. О влиянии защитной гильзы на погрешность измерения температуры термоэлектрическими преобразователями // Энергетик. – Москва, 2015. – № 10. – С. 52–55;
8. Бойкова Т. С. Показатель тепловой инерции термопар в системах регулирования температуры установок подогрева нефти // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова, Томск, 2017. – Т. 2. – С. 173–175.