

Литература

1. Энергетика и охрана окружающей среды / Под ред. Н.Г.Залогина, Л.И.Кроппа и Ю.И.Кострикина. - М.: Энергия, 1979. - 352 с.
2. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СН-245-71.
3. Ермаков В.С., Внуков А.К. О степени перехода монооксида азота в двуокись при рассеивании дымовых газов котлоагрегатов. - Электрические станции, 1978, № 1, с. 14-15.
4. Davis D.D., Smith G., Klauber G. Trace gas analysis of power plant plumes via aircraft measurement; O_3 , NO_x , SO_2 chemistry.—Science, 186 (1974), 733-736.
5. Hegg D. Reactions of ozone and nitrogen oxides in power plant plumes. - Atmos. Environ., 11 (N 6), 1977, 521-526.
6. White W.H. NO_x - O_3 photochemistry in power plant plumes; comparison of theory with observation. - Environ. Sci. and Technol., 11 (10), 1977, 995-1000.
7. Melo O.T., Lusia M.A., Stevens R.D.S. Mathematical modelling of dispersion and chemical reactions in a plume oxidation NO to NO_2 in the plume of a power plant. - Atmos. Environ., 12 (N 5), 1978, 1231-1234.
8. Сигал И.Я. Образование двуоксида азота при рассеивании дымовых газов. - Теплоэнергетика, № 11, 1980, с. 6-9.

УДК 62-50(0.75.8)

В.И.Литвинец, инженер, В.Б.Рубахин, канд. техн. наук,
С.А.Михаленок, инженер (БПИ)

МЕТОД СОПРЯЖЕНИЯ КОНТУРОВ ПРИ СИНТЕЗЕ МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Практические опыт и исследование способов автоматизации технологического оборудования и взаимосвязанных производственных процессов показал, что в некоторых случаях для повышения качества поддержания основных технологических параметров целесообразно стремиться к достижению автономности локальных автоматизированных систем регулирования (АСР). Особенности осуществления автономности работы отдельных контуров посвящен ряд работ [1, 2].

Однако в [3, 4] отмечается, что автономность во многих случаях недопустима с точки зрения технологии процесса, и бо-

лее того в тех случаях, когда автономность не противоречит технологии, оптимизация процессов в отдельных контурах не обеспечивает оптимальности процесса в целом во всей системе управления.

Для современных энергоблоков характерны технологические режимы, а также наличие участков регулирования, требующих структурных решений на принципе взаимозависимости выходных параметров отдельных контуров. Рассмотрим метод определения структуры и параметров настройки АСР на примере двухсвязной системы, изображенной на рис. 1, а. Реально существующими

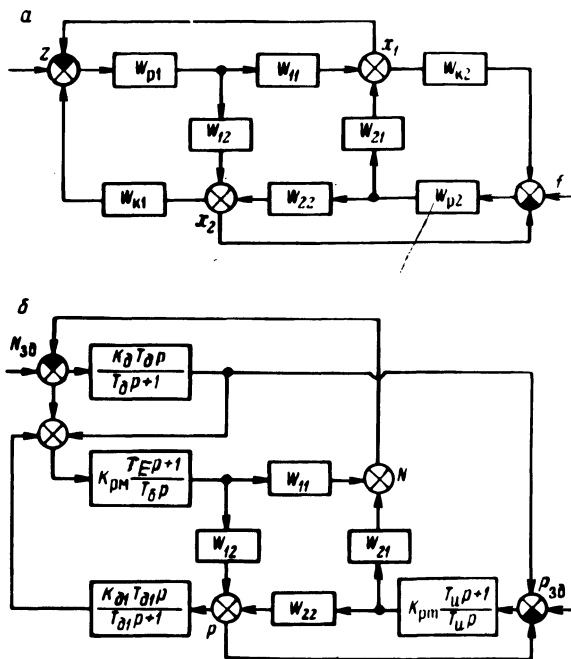


Рис. 1. Общий вид рассчитываемой двухсвязной системы (а) и структурная схема системы регулирования мощности энергоблока (б).

аналогами такой системы на энергоблоке являются система регулирования мощности с двумя основными регулируемыми параметрами (мощность и давление пара), АСР температуры среды в промежуточной точке и АСР процесса горения и др. Как правило, рассматриваемые контуры в двухсвязной системе объединены технологией ведения процесса и, следовательно, требуют согласования параметров настройки по единому критерию.

Используя формулу Мейсона в двухсвязной системе, находим передаточные функции АСР при возмущении z (или f) для выходной переменной каждого контура. Предполагая, что переходный процесс в контурах оканчивается одновременно, отношения полученных передаточных функций допустимо приравнять к единице, так как критерием в данном случае является оптимум модуля передаточной функции замкнутой системы.

$$\frac{W_{zx1}}{W_{zx2}} = \frac{W_{p1} W_{11} (1 - W_{p2} W_{22}) - W_{p1} W_{12} W_{p2} W_{21}}{W_{p1} W_{12} (1 + W_{k2} W_{p2} W_{21}) + W_{p1} W_{11} W_{k2} W_{p2} W_{22}} \approx 1 \quad (1)$$

и

$$\frac{W_{fx1}}{W_{fx2}} = \frac{W_{p2} W_{21} (1 + W_{k1} W_{p1} W_{12}) + W_{p2} W_{22} W_{k1} W_{p1} W_{11}}{W_{p2} W_{22} (1 - W_{p1} W_{11}) - W_{p2} W_{21} W_{p1} W_{12}} \approx 1. \quad (2)$$

Упростив выражения (1) и (2), получим для регуляторов каждого контура определяющие зависимости

$$W_{p2} (1 + W_{k2}) = \frac{W_{11} - W_{12}}{W_{11} W_{22} + W_{12} W_{21}} \quad (3)$$

и

$$W_{p1} (1 + W_{k1}) = \frac{W_{22} - W_{21}}{W_{11} W_{22} + W_{12} W_{21}}. \quad (4)$$

Подстановка передаточных функций объекта, динамика контуров которого различна, например, для АСР мощности энергоблока

$$W_{11} = \frac{k_N}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}; \quad W_{12} = \frac{k'_p}{(T'_1 p + 1)(T'_2 p + 1)}$$

и

$$W_{22} = \frac{k_p (T_3 p + 1)}{T_4 p + 1}, \quad W_{21} = \frac{T_0 p (T_5 p + 1)}{(T_5 p + 1)(T_6 p + 1)} \quad (5)$$

дает следующие результаты:

для турбинного регулятора

$$W_{pT} (1 + W_{kT}) = \frac{k_{pT} (2T_d p + 1)}{T_p p + 1}; \quad (6)$$

для котельного регулятора мощности

$$W_{рм} (1 + W_{км}) = k_{рм} (2T_{дp} + 1)(T_{д1p} + 1) \frac{T_E T_{дp}^2 + 2k_N T_E p + 1}{T_E^2 p^2 + 2\xi T_E p + 1}, \quad (7)$$

где $T_{д}$ - постоянная дифференцирования, общая для обоих контуров; $T_{д1}$ - постоянная времени форсирующего звена; $T_{и}$ - постоянная интегрирования регулятора турбины; T_E - постоянная интегрирования регулятора мощности; k_N , k_p , k'_p - коэффициенты передачи прямых и перекрестной связей между контурами; $k_{рп}$, $k_{рм}$, ξ - коэффициенты усиления регуляторов и коэффициент демпфирования.

В процессе упрощения выражений (3) и (4) после подстановки передаточных функций (5) в знаменателе остается характеристическая часть инерционного звена первого или второго порядка, являющаяся для преобразуемых отношений наименьшим общим делителем.

Анализ полученных выражений (6) и (7) позволяет определить в качестве предельного варианта структурной оптимизации для турбинного регулятора интегро-дифференцирующее (ИД) звено, а для котельного регулятора мощности - пропорционально-интегро-дифференцирующее (ПИД) звено, дополненное форсирующим элементом второго порядка. Поскольку величины $T_{и}$ для турбинного регулятора и T_E для регулятора мощности с изменением динамики в функции нагрузки энергоблока изменяются незначительно, то для параметрической оптимизации АСР мощности достаточно производить коррекцию коэффициента усиления регулятора котлоагрегата (мощности) и постоянных дифференцирования $T_{д}$ и $T_{д1}$.

В общем случае параметры настройки системы с требуемой точностью определяют из выражений:

$$T_{д} = T_{б}/2; \quad k_{д} = (k_N - k_p - k'_p)/k_N; \quad (8)$$

для турбинного регулятора

$$T_{и} = (k_p k_N T_3 T_6 + T_0 T'_1)/T_5; \quad k_{рп} = (k_N - k'_p)/k_N k_p; \quad (9)$$

для котельного регулятора мощности

$$T_E = \sqrt{k_p k_N T_3 T_6 + T_0 T'_1 T_1 / T'_1}; \quad k_{рм} = 1/k_N, \quad (10)$$

где T'_1 - приведенное значение малой постоянной времени передаточной функции W_{21} для расчетных уровней нагрузки.

Второй дифференциатор используется как форсирующее звено с компенсацией определенного спектра "паразитных" возмущений

со стороны регулятора турбины. Параметры его настройки определим по формулам

$$T_{д1} = T_3 T_5 T_6 / 2T_4 T'_э; \kappa_{д1} = T_{окд} / T_{д1 \kappa_p}. \quad (11)$$

Хорошие результаты дает эмпирическая формула

$$T_{д1} = (T_3 T_5 T_6 / 2T_4)^{2/3}, \quad (12)$$

позволяющая уменьшить погрешность вычислений, связанную с использованием приведенной $T'_э$.

Предлагаемый метод опробован на энергоблоках Лукомльской ГРЭС в системе регулирования мощности, структурная схема которой приведена на рис. 1, б. Применение его рекомендуется в АСР, основные контуры и выходные параметры которых определяют, например, экономичность установки. При этом автономность работы рассматриваемой системы обеспечивается только по отношению к второстепенным контурам.

Получая дополнительную возможность влиять на динамику поведения системы за счет взаимных связей, координированные контуры можно оптимизировать в соответствии с технологическими требованиями как одну многосвязную АСР.

Литература

1. Морозовский В.Т. Многосвязные системы автоматического регулирования. - М.: Энергия, 1970. - 288 с.
2. Биленко В.А., Давыдов Н.И. Вопросы автономности в связанных двухконтурных системах автоматического регулирования современных энергоблоков. - Теплоэнергетика, 1979, № 12, с. 32-38.
3. Мееров М.В. Системы многосвязного регулирования. - М.: Физматгиз, 1965. - 384 с.
4. Мееров М.В., Литвак Б.Л. Оптимизация систем многосвязного управления. - М.: Наука, 1972. - 344 с.

УДК 536.244/66.021.93/66.074.7

А.М.Заватко, канд. техн. наук, Л.И.Тарасевич, канд. техн. наук, Г.А.Фатеев, канд. техн. наук (БПИ)

ТЕПЛОЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ЦИКЛ В СИСТЕМЕ ЧЕТЫРЕХ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОТОКОВ

При термической обработке слоев дисперсного материала и газовых потоков целесообразно организовать взаимодействие между ними таким образом, чтобы потоки входили в реактор и