

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-348

Д.Крайзелер, Г.Карраш

**РАЗРАБОТКА
ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОГРАММЫ -
РЕГУЛЯТОРА ТИПА PID НА МИНИ-ЭВМ
И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
В КРИСТАЛЛЕ КДС**

1986

ВВЕДЕНИЕ

Для реализации задач регулирования все больше и больше используются микропроцессорные средства. Этими же средствами можно решать задачи регулирования при автоматизации научных экспериментов.

Данная работа представляет результаты разработки цепи регулирования температуры в кристалле кристалл-дифракционного спектрометра.

1. КОНФИГУРАЦИЯ

При разработке цепи регулирования использованы имеющиеся в наличии технические средства^{1,2/}. В цепи используются: АЦП /электронный блок для приема данных от полупроводникового измерительного элемента^{3/} / и блок управления регулирующим элементом. Применяемые полупроводники позволяют регистрировать температуру с минимальным изменением в $0,02^{\circ}$.

Первый вход АЦП используется для регистрации температурной помехи, которую могут корректировать сигналы на входе регулятора /включение паразитных величин/.

Второй вход АЦП используется для регистрации температуры кристалла. Управление температурой производится с помощью ЦАП при наличии 1024 регулирующих шагов изменения тока нагревания в аналоговом преобразователе. Блоки связаны с мини-ЭВМ "МЕРА-60" через КАМАК.

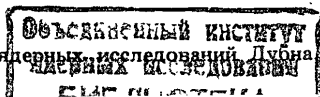
Периферийное устройство "цветной монитор", подключенное через микропроцессор 18080, позволяет наглядно иллюстрировать, в режиме ON-LINE, процессы регулирования и изменения тока нагревания.

Кроме этого, файлы с измеренными данными можно хранить на внешних устройствах мини-ЭВМ /Floppy Disk/.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО РЕГУЛЯТОРА

На рис.1. изображена общая схема цепи регулирования.

ЭВМ МЕРА 60/30 позволяет в режиме реального времени циклические прерывания для считывания данных с блока КАМАК.



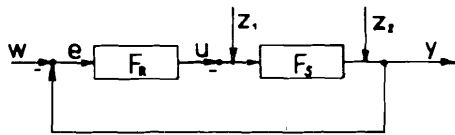


Рис.1. Схема прохождения сигнала цепи регулирования /1 вход (w, z_1, z_2), 1 выход (y)/. y - регулируемая величина, u - регулирующая величина, w - задающая величина, e - от-

клонение регулируемой величины, z_1 - возмущающие воздействия, F_R - переходная функция регулятора, F_S - переходная функция объекта регулирования.

Математическая обработка дискретных данных происходит с помощью рекурсивных разностных уравнений:

$$u(k) = \sum_{i=0}^{\nu} q_i e(k-i) + \sum_{j=0}^{\nu} p_j u(k-j); \quad /1/$$

u - регулирующая величина; e - отклонение регулируемой величины; k - шаг; q_i, p_j - коэффициенты регулятора.

Порядок регулятора зависит от индексов i и j коэффициентов. Общая переходная функция для дискретного регулятора получается после применения трансформации z . В данном случае используются регуляторы:

1/ типа PID с оптимизированными параметрами, работающий в дискретном режиме;

2/ типа DEADBEAT второго порядка.

Ниже приведены соответствующие переходные функции этих регуляторов:

$$F_{PID}(z) = \frac{u(z)}{e(z)} = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}, \quad /2/$$

$$F_{DB}(z) = \frac{u(z)}{e(z)} = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - p_1 z^{-1} - p_2 z^{-2}}, \quad /3/$$

Используя формулы /2/ и /3/, можно получить рекурсивные разностные уравнения:

$$u(k) = p_1 u(k-1) + p_2 u(k-2) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2). \quad /4/$$

При этом для регулятора типа PID коэффициенты:

$$p_1 = 1, \quad p_2 = 0, \quad /5/$$

и поэтому уравнение /4/ сокращается.

Для дискретного регулятора типа PID коэффициенты q_i / $i=0,1,2$ / необходимо оптимизировать. При выборе критерия оптимизации S важно учитывать поведение регулирующей величины /4/.

$$S^2 = \sum_{i=0}^n [e^2(i) + \gamma \Delta u^2(i)]; \quad /6/$$

$e(i)$ - отклонение регулируемой величины, $\Delta u(i)$ - изменения регулирующей величины, γ - коэффициент /0,1... 0,25/.

Параметры регулятора DEADBEAT зависят от объекта регулирования. В данном случае объект регулирования имеет следующую переходную функцию:

$$F(z) = \frac{b_1 z^{-1}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad /7/$$

Поэтому коэффициенты регулятора типа DEADBEAT выглядят следующим образом /4/:

$$q_0 = \frac{1}{b_1}, \quad p_1 = b_1 q_0 = 1, \quad /8/$$

$$q_1 = a_1 q_0, \quad p_2 = b_2 q_0 = 0, \quad c b_2 = 0, \quad q_2 = a_2 q_0,$$

Из /5/ видно, что структуры переходных функций регуляторов типа PID и типа DEADBEAT в данном случае одинаковы. Оба регулятора отличаются только параметрами.

3. ЭМУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

При проектировании регуляторов все чаще используются ЭВМ. В данной конфигурации /рис.1/ имеется возможность применения графических средств для изображения процесса регулирования.

Данный объект регулирования обладает большой реакцией, т.е. константы времени равны соответственно: $T_1 = 34$ мин, $T_2 = 22$ мин. Поэтому экспериментальный поиск параметров регулятора затруднен.

Процесс проектирования регулятора с помощью ЭВМ показан на рис.2. Этот процесс может повторяться в циклическом режиме.

4. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Объект регулирования идентифицирован в соответствии с изложенным в разд.3:

$$F_S(p) = \frac{K_S}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)},$$

где $K_S = 0,14 \frac{\text{ед.изм.темпер.}}{\text{ед.изм.тока нагр.}}$, $T_1 = 34$ мин, $T_2 = 22$ мин;

соответствующая переходная функция типа z :

$$F_S(z) = \frac{b_1 z^{-1}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}.$$

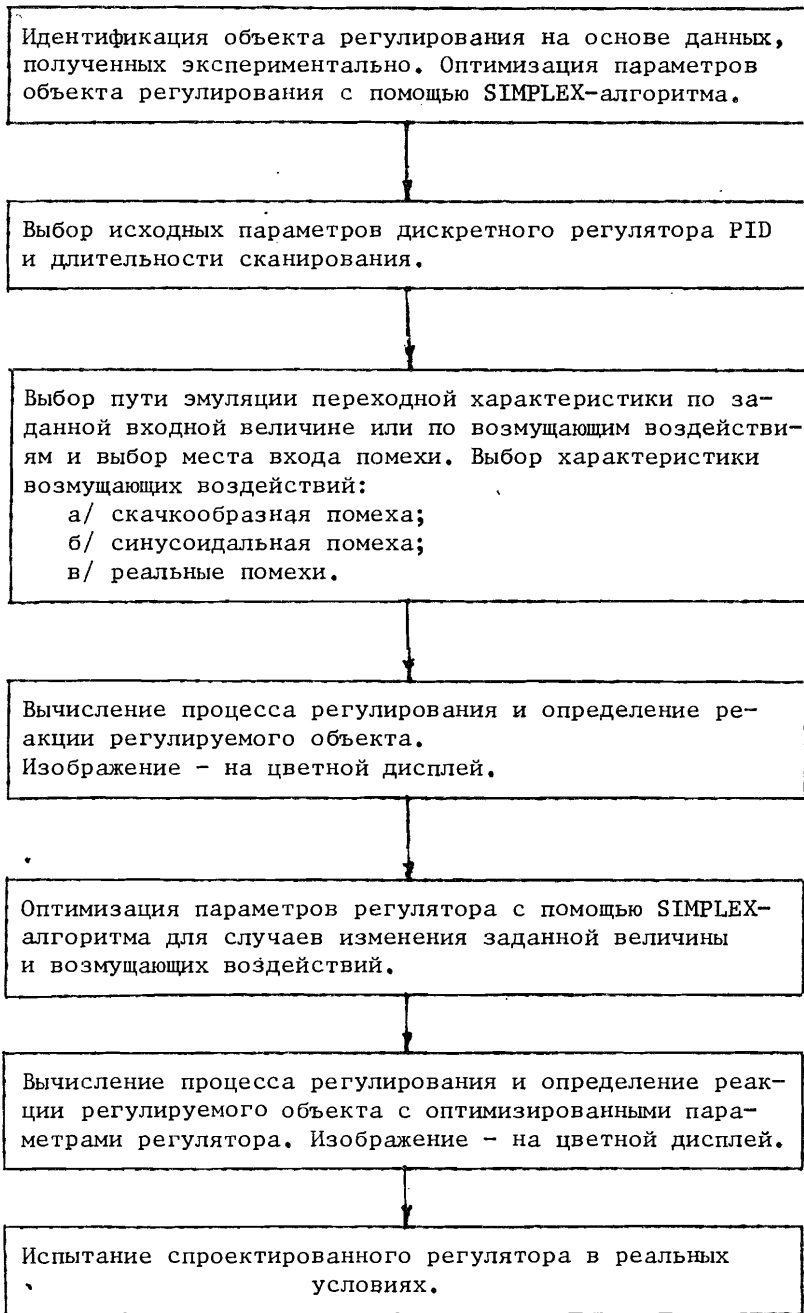


Рис.2. Процесс проектирования регулятора.

При времени сканирования $T_0 = 4$ мин: $b_1 = 6,4466 \cdot 10^{-4}$, $a_1 = -1,7228 \cdot 10^0$, $a_2 = 7,4121 \cdot 10^{-1}$. Использован регулятор типа PID со следующими параметрами: $q^T = (240 \ -260 \ 40)$. Соответствующие параметры регулятора типа DEADBEAT $q^T = (1551 \ -2672 \ 1150)$. Практическая реализация регулятора типа DEADBEAT с данными коэффициентами затруднена.

На рис.3 показан процесс регулирования температуры на длительном промежутке времени. Для сравнения изображена реакция регулирующего элемента.

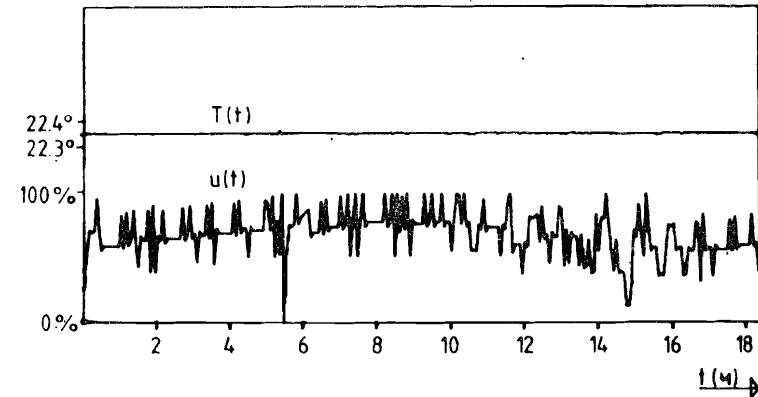


Рис.3.

В данном случае работала цепь регулирования с точностью $\pm 0,04^\circ / \pm 2$ ед./ изменения регулируемой величины.

Оптимальные параметры q_1 регулятора и время сканирования T_0 были выбраны после многих циклов эмуляции, согласно описанию в разд.3, и представляют компромисс между теоретическими требованиями и практическими возможностями регулирующего элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карраш Г. и др. ОИЯИ, P13-83-474, Дубна, 1983.
2. Крайзелер Д. и др. ОИЯИ, P10-85-244, Дубна, 1985.
3. Дунин В.П. и др. ОИЯИ, P13-83-287, Дубна, 1983.
4. Isermann R. Digitale Regelsysteme. Springer Verlag, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1986 года.

Крайзелер Д., Карраш Г.

P10-86-348

Разработка оптимальных параметров программы - регулятора типа PID на мини-ЭВМ и реализация регулирования температуры в кристалле КДС

Регулирование температуры в кристалле кристалл-дифракционного спектрометра осуществляется с помощью мини-ЭВМ. Реализация дискретного регулятора типа PID и типа DEADBEAT происходит с рекурсивными разностными уравнениями. Для получения оптимальных параметров регулятора типа PID используется эмулирование процесса регулятора на мини-ЭВМ МЕРА-60. Процесс проектирования регулятора с помощью мини-ЭВМ позволяет найти оптимальные параметры в интерактивном циклическом режиме. В данном случае реализована цепь регулирования с точностью $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод авторов

Kreiseler D., Karrasch G.

P10-86-348

Investigation of Optimal Parameters of Program - PID - Type Regulator in the Mini-Computer and the Temperature Regulation Realization in the CDS Crystal

The regulation of the temperature in the crystal of crystal-diffraction spectrometer is provided with the help of mini-computer. The discret regulation of PID and DEADBEAT type is realized with the recursiven difference equation. To recieve the optimal parameters of the PID regulator we use the emulation of the regulation process on the mini-computer MERA-60. The regulator process design permits to found optimal parameters in the interactive cycle regime with the help of the mini-computer.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986