

УДК 681.335 (07)

ОПЕРАТИВНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЙ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

© М.Е. Глинкин, Е.И. Глинкин

Ключевые слова: когнитивная матрица; способ оптимального управления; многопараметрический объект; динамический анализ; энергосбережение.

Предложен способ управления объектом в виде когнитивного графического образа эквивалентов, формируемого в адресном пространстве кодовой матрицы постоянного запоминающего устройства автоматизированной системы оперативной диагностики технического и функционального состояния многопараметрического объекта для улучшения метрологической и технологической эффективности за счет автоматического оптимального управления энергосбережением.

В известных способах оперативного динамического анализа состояний многопараметрического объекта децентрализованного типа [1] все сигналы рассчитываются по индивидуальным функциям, которые выполняют заранее заданную операцию над управляющим сигналом. Недостатками таких решений являются рассредоточение информации по разным функциональным структурам, чрезмерная усложненность устройства, невозможность оперативного динамического анализа результирующих переменных вследствие независимости информационных каналов друг от друга.

Устройства и способы централизованного динамического контроля и анализа состояний многопараметрического объекта [2] заключаются в программно управляемом контроле и анализе состояний объекта на основе библиотеки программ, совместно с программой-диспетчером по заранее определенному порядку или в зависимости от текущих значений технологических параметров, с последующим выбором одной из имеющихся в библиотеке рабочих программ. Устройство организовано на базе информационно-измерительной системы с кольцевой структурой последовательно включенных интерфейса ввода данных, ЭВМ, исполнительного преобразователя, измерительных преобразователей, средств отображения, функционирующих в соответствии с командами оператора или программы-диспетчера. Их недостатками являются низкая оперативность в выполнении команд и процедур, необходимость для оценки работы системы и ее коррекции, дорогостоящее программное и аппаратное обеспечение и сложность оперативной комплексной оценки поступающей информации.

Целью предлагаемого способа является улучшение метрологической и технологической эффективности за счет автоматического оптимального управления энергосбережением, используемым для синтеза в масштабе реального времени энергосберегающих управляющих воздействий при любых изменениях состояний многопараметрического объекта в анализируемом диапазоне с заданной точностью синтезируемых воздействий, регламентируемых погрешностью образцовых сигналов.

Поставленная цель достигается тем, что в способе оперативного динамического анализа состояний многопараметрического объекта, заключающегося в измерении и оценке общего состояния многопараметрического объекта по графическому образу когнитивной матрицы $\{\Phi\} = \{L_1 * L_2\}$, представляют результаты полного анализа процессов динамики оптимального управления объектом описываемой моделью двойного апериодического звена с минимизируемым функционалом по затратам энергии в виде когнитивного графического образа эквивалентов оптимального управления, который формируют в адресном пространстве кодовой матрицы постоянного запоминающего устройства, а затем используют для синтеза в масштабе реального времени энергосберегающих управляющих воздействий при любых изменениях состояний функционирования многопараметрического объекта в оцениваемом диапазоне с заданной точностью синтезируемых воздействий, регламентируемых погрешностью образцовых сигналов, где L_1 – множество управляющих воздействий, L_2 – меры оценки затрат на управление.

Сущность предлагаемого способа оперативного динамического анализа состояний многопараметрического объекта заключается в измерении и оценке общего состояния объекта, информация о котором представлена в виде когнитивного графического образа эквивалентов оптимального управления $\{\Phi\} = \{L_1 * L_2\}$ (рис. 1), формируемого по данным диагностической информации (рис. 2, кривая z) с последующим синтезом энергосберегающих управляющих воздействий в масштабе реального времени (рис. 3, кривая u).

Результаты полного анализа процессов динамики оптимального управления объектом представляют в виде образов эквивалентов (рис. 1), которые формируют в адресном пространстве кодовой матрицы постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). Этот образ находят априори из полного анализа процессов динамики оптимального управления объектом, описываемой моделью двойного апериодического звена с минимизируемым функционалом по затратам энергии. Использование когнитивного графического образа экви-

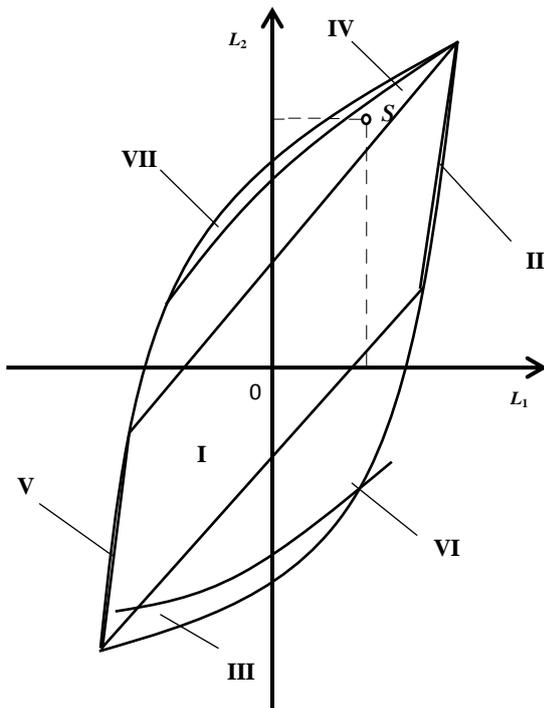


Рис. 1. Матрица множества состояний оптимального управления

валентов оптимального управления позволяет исключить процедуру анализа оптимального управления при динамическом анализе состояний многопараметрического объекта в реальном масштабе времени, тем самым значительно понизить требования к техническим средствам, реализующим управление.

Поясним предлагаемый способ на примере оптимального управления динамическим процессом электрооборудования. Процесс динамики электрических нагревателей и электродвигателей может быть описан системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= z_2(t), \\ \dot{z}_2 &= a_1 z_1(t) + a_2 z_2(t) + bu(t), \end{aligned} \tag{1}$$

где z_1 и z_2 представляют собой фазовые координаты, параметры a_1 и a_2 характеризуют инерционность объекта управления, параметр b – коэффициент усиления управляющего воздействия $u(t)$.

Для определения оптимальных управляющих воздействий u^* , реализующих оптимальное энергосберегающее управление по переводу многопараметрического объекта из начального состояния z_1^0 в конечное z_1^k , при заданной скорости изменения данной фазовой координаты от z_2^0 до z_2^k , необходима сложная двухэтапная процедура, состоящая из анализа и синтеза оптимального управления в реальном масштабе времени.

Анализ оптимального управления охватывает широкий круг задач, связанных с исследованиями вопросов существования решения, устойчивости, определения возможных видов функций оптимального управления, и множество других задач. Выполнение процеду-

ры анализа оптимального управления требует сложных алгоритмических и математических расчетов и, как следствие, дорогостоящих высокопроизводительных микропроцессорных технических средств. Это является препятствием к оперативному динамическому анализу состояний многопараметрического объекта.

Получаемые результаты анализа оптимального управления на множестве состояний функционирования служат основой для построения когнитивного графического образа, применяемого в дальнейшем для построения устройств энергосберегающего управления различными динамическими объектами. Для выполнения процедуры анализа оптимального управления в системе заданы исходные данные для решения задачи, представленные в виде массива реквизитов.

$$R = (a_1, a_2, b, u_n, u_b, z_1^0, z_2^0, z_1^k, z_2^k, t_0, t_k). \tag{2}$$

Результатом анализа является получение когнитивного образа в виде цветокодовой матрицы $\{\Phi\} = \{L_1 * L_2\}$ областей существования управлений (рис. 1). Вид минимизируемого функционала сохраняется на всем временном интервале управления

$$I_{\vartheta} = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt \rightarrow \min_u, \tag{3}$$

$$u^*(\cdot) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]), \tag{4}$$

управляющее воздействие на заданном временном интервале ограничено

$$\forall t \in [t_0, t_k]: u(t) \in [u_n, u_b], \tag{5}$$

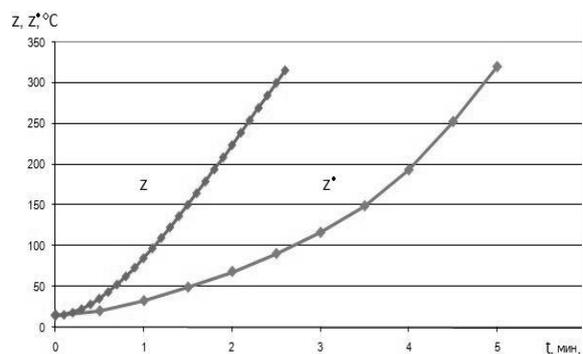


Рис. 2. Состояния многопараметрического объекта

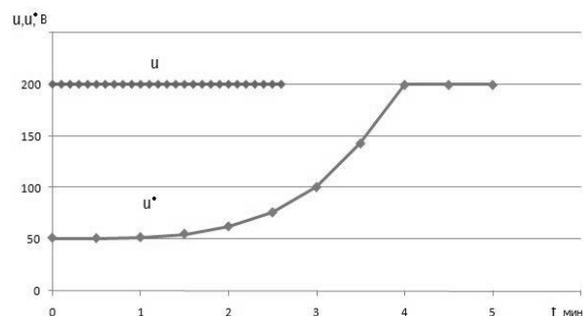


Рис. 3. Управляющее воздействие на объект

где u_n – нижний порог управляющего воздействия; u_v – верхний порог управляющего воздействия.

Следовательно, управление ограничено в каждый момент времени, концы траектории изменения фазовых координат закреплены и временной интервал фиксирован.

Из полученного на основе полного анализа когнитивного графического образа (рис. 1) областями, для которых существует оптимальное управление, будут являться области I, II, III, IV, V, VI, VII.

Синтез управляющих воздействий осуществляется по результатам полного анализа, проведенного априори и представленного в виде когнитивного графического образа $\{\Phi\}=\{L_1^*L_2\}$, сформированного в адресном пространстве кодовой матрицы $L_1^*L_2$ ПЗУ устройства управления по массиву исходных данных реквизитов задачи оптимального управления (2).

В результате процедуры синтеза оптимального управления определяем область (рис. 1), в которую попадает точка S с координатами (L_1, L_2) . Каждой области соответствует определенный вид функции управления.

В случае если оптимальное управление не найдено, т. е. координаты точки $S = (L_1, L_2)$ не принадлежат областям I–VII когнитивного графического образа, то осуществляется автоматический перевод устройства управления из оптимального в традиционный для многопараметрического объекта режим функционирования.

Докажем эффективность предлагаемого способа оперативного динамического анализа состояний многопараметрического объекта относительно прототипа. Теоретические исследования и практические результаты показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии может достигать от 5 до 40 % по сравнению с традиционно используемыми управляющими воздействиями [3, 4]. В качестве примера рассмотрим перевод теплового объекта – нагревательной плиты – из начального состояния z_1^0 в конечное z_1^k с минимумом затрат энергии. I_3 – функционал (лимит) затрат энергии при традиционном управлении (рис. 3, кривая u). Следовательно, задача заключается в определении такого управления, которое обеспечит перевод объекта из начального состояния в конечное с минимумом затрат энергии (2).

В результате проведения полного анализа оптимального управления получаем цветокодовую матрицу в виде образов эквивалентов множества состояний оптимального управления (рис. 1). Далее когнитивный графический образ формируют в адресном пространстве кодовой матрицы постоянного запоминающего устройства в виде образов эквивалентов множества состояний оптимального управления.

На следующем этапе осуществляется операция синтеза, в результате чего получаем координаты точки S (рис. 1) и в соответствии с координатами полученной точки осуществляется выбор вида функции управления и осуществляется ее реализация (рис. 2, кривая z^* , табл. 1).

Таким образом, используя свойство инерционности объекта и несколько большее время нагрева при энергосберегающем управлении, получаем функционал затрат энергии $I = 65672$, что при сравнении с функционалом затрат энергии стандартного управления соответствует экономии электроэнергии равной 36,85 %.

Таблица 1

Изменение температуры нагревательной системы

t , мин.	Традиционное управление		Энергосберегающее управление	
	z , °C	u , В	z^* , °C	u^* , В
0	15,0	200,00	15,0	51,4
0,2	18,6	200,00	15,9	51,1
0,4	28,7	200,00	18,4	51,0
0,6	43,9	200,00	22,2	51,1
0,8	63,1	200,00	27,0	51,4
1	85,4	200,00	32,6	52,0
1,2	110,2	200,00	38,8	52,9
1,4	136,9	200,00	45,6	54,4
1,6	165,0	200,00	52,9	56,3
1,8	194,2	200,00	60,5	59,0
2	224,0	200,00	68,5	62,4
2,2	254,4	200,00	77,0	66,9
2,4	285,0	200,00	85,9	72,7
2,6	320,0	–	95,4	80,0
2,8	–	–	105,5	89,1
3	–	–	116,5	100,6
3,2	–	–	128,5	114,9
3,4	–	–	141,8	132,7
3,6	–	–	156,8	154,6
3,8	–	–	173,8	181,7
4	–	–	193,4	200,00
4,2	–	–	215,6	200,00
4,4	–	–	239,8	200,00
4,6	–	–	265,6	200,00
4,8	–	–	292,4	200,00
5	–	–	320,0	–

$$\frac{I_3 - I}{I_3} 100 \% = \frac{104000 - 65672}{104000} 100 \% = 36,85 \% \quad (6)$$

Рассчитаем также технологичность заявляемого устройства в сравнении с прототипом.

$$\tau_1 = \sum_{i=1}^n \tau_i = \frac{n^2}{2} \tau_0, \quad (7)$$

$$\tau_z = \sum_{i=1}^m \tau_i = \frac{m^2}{2} \tau_0, \quad (8)$$

$$m = kn, \quad (9)$$

$$\eta = \frac{\tau_z}{\tau_1} = \frac{m^2}{n^2} = k^2, \quad k = 2 \div 1_0, \quad (10)$$

где τ_0 – нормированное время операции ($\tau_0 = 1$), τ_1 – время выполнения всех операций заявленным устройством, τ_2 – время выполнения всех операций прототипом, n – количество операций, выполняемых заявляемым устройством, m – количество операций, выполняемых прототипом, k – коэффициент эффективности, η – технологичность.

Результаты полного анализа процессов динамики оптимального управления объектом, найденные априори и сформированные в адресном пространстве ПЗУ устройства в виде образов эквивалентов (рис. 1), позволяют исключить процедуру анализа оптимального управления при динамическом анализе состояний мно-

гопараметрического объекта в реальном масштабе времени, тем самым значительно сократить объем требуемых вычислений и число функциональных блоков устройства по отношению к прототипу. Таким образом, технологичность заявляемых способа и устройства будет от 4 до 100 раз выше известных решений в зависимости от типа многопараметрического устройства и особенностей его эксплуатации.

Предлагаемый способ оперативного динамического анализа состояний многопараметрического объекта позволяет упростить процедуру измерения и оценки общего состояния многопараметрического объекта за счет того, что сложная процедура анализа оптимального управления производится априори, в результате чего когнитивный графический образ эквивалентов оптимального управления записывается в адресном пространстве кодовой матрицы ПЗУ и не требуется его определение в процессе динамического анализа и управления, что в итоге повышает энергетическую и метрологическую эффективность на 36,85 % и технологическую эффективность в 4÷100 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические измерения / под ред. В.Н. Малиновского. М.: Энергоиздат, 1982. С. 377-378.
2. Теория автоматического управления / под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Высш. шк., 2000. С. 202-204.
3. Аджиев М.Э. Энергосберегающие технологии. М.: Энергоатомиздат, 1990. 64 с.
4. Араkelов В.Е., Кремер А.И. Методические вопросы экономики энергоресурсов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 188 с.

Поступила в редакцию 19 февраля 2011 г.

Glinkin M.E., Glinkin E.I. OPERATIVE AND DYNAMIC ANALYSIS OF CONDITIONS OF MANY PARAMETRIC OBJECT

A new method of directing of object as a type of cognition graphic image of equivalents is proposed, this method is forming in address space of code matrix of constant memory equipment of automatic system of operative diagnostics of technical and functional condition of many parametric object for the improvement of metrological and technological efficiency by the automatic optimal management in energy efficiency.

Key words: cognition matrix; method of optimal direction; many parametric object; dynamic analysis; energy efficiency.