

МОДЕЛИРОВАНИЕ, АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ

Болдырева Е.С., студентка; Гветадзе С.В., ассистент, к.т.н.

(Южно – Российский Государственный Технический Университет (Новочеркасский Политехнический Институт), г Новочеркасск, Россия)

С целью обеспечения требуемого качества получения достоверной информации о ходе процесса производства электрической и тепловой энергии на различных стадиях при заданных технологических режимах возникла необходимость непрерывного и объективного контроля параметров для различных блоков и их сигналов (температура, давление, расход и т.п.), а также обеспечения дистанционного управления оборудованием с визуализацией наиболее значимых параметров [1-5].

Для решения указанной задачи на первом этапе с применением классических методов описания объектов разработана математическая модель энергокомплекса. При получении аналоговой математической модели каждой группы был реализован полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2³, план которого, в виде кодированных факторов, представлен в матрице X. В векторах y₁, y₂ представлены значения на выходе процесса по двум параллельным опытам. Обобщенная ММ имеет следующий вид:

$$Y_i = k \cdot (a_0 \cdot x + a_1 \cdot dx/dt + a_2 \cdot d^2x/dt^2 + a_3 \cdot d^3x/dt^3).$$

Таким образом, линейное уравнение регрессии имеет вид:

$$y(x_1, x_2, x_3) = 38 + 3,975 \cdot x_1 - 9,050 \cdot x_2 + 7,975 \cdot x_3,$$

где Y_i - выходные переменные, k - коэффициент усиления, a_i - коэффициенты уравнения регрессии, x_i - факторы.

Предложенная математическая модель нашла применение при описании функционирования микроэнергокомплекса с входными и выходными технологическими параметрами, приведенными в табл. 1,2 [5]:

Таблица 1 - Перечень аналоговых входных сигналов

Технологический параметр	Величина
1	2
X1- Расход питательной воды	50-126 кг/ч
X2 - Расход пара	50-126 кг/ч
X3- Давление пара	0,3-0,65МПа
X4 - Температура пара	80-180 С
X5 - Температура питательной воды	40-100 С
X6 - Температура охлаждающей воды на выходе из теплообменника эжектора	15-40 С
X7 - Температура охлаждающей воды на входе в теплообменник эжектора	15-30 С
X8-Расход охлаждающей воды теплообменника эжектора	
X9 - Температура воды на входе в эжектор	15-40 С
X10- Давление (вакуум) в конденсаторе	0,03-0,07 Мпа
X11- Расход воды на эжектор	

X12- Давление воды на эжектор	0,03-0,07 МПа
1	2
X13 - Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор	15-40 С
X14 - Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора	25-80 С
X15- Расход охлаждающей воды на конденсатор	
X16- Расход в трубопроводе перетока пара	
X17- Давление в трубопроводе перетока пара	0,03-0,07 МПа
X18 - Температура в трубопроводе перетока пара	25-80 С
X19- Уровень воды в баке запасного конденсата	20-120 мм
X20- Частота вращения электрогенератора	1000-4000 об/мин
X21- Давление пара перед турбиной	0,10-0,65 МПа
X22- Нагрузка электрогенератора	0,1-5 кВт
X23- Уровень конденсата в конденсаторе	20-120 мм
X24 - Температура охлаждающей воды на входе в электрогенератор	15-40 С
X25 - Температура охлаждающей воды на выходе из электрогенератора	25-80 С
X26- Расход охлаждающей воды на электрогенератор	
X27- Давление охлаждающего воздуха на входе в электрогенератор	0,05-0,25 Мпа
X28- Давление охлаждающего воздуха в камереподш.эл.генер.	0,02-0,15 Мпа
X29 - Температура охлаждающего воздуха на входе в электрогенератор	15-40 С
X30 - Температура охлаждающего воздуха на выходе из электрогенератора	25-180 С
X31- Расход охлаждающего воздуха на электрогенератор	1,8-11 кг/ч
X32- Клапан расхода пара на переток	
X33- Клапан расхода пара на турбину	

Таблица 2 - Перечень аналоговых выходных сигналов

У1- Управление расходом питательной воды	0-100-0 %
У2- Управление расходом охлаждающей воды	0-100-0 %
У3- Управление расходом воды на эжектор	0-100-0 %
У4- Управление расходом на переток пара	0-100-0 %
У5- Управление расходом охлаждающей воды на конденсатор	0-100-0 %
У6- Управление расходом воды на подпитку	0-100-0 %
У7- Управление расходом пара на турбину	0-100-0 %
У8- Управление расходом конденсата на выходе конденсатора	0-100-0 %
У9- Управление расходом охлаждающей воды на электрогенератор	0-100-0 %
У10- Управление расходом охлаждающего воздуха	0-100-0 %

Для проверки однородности дисперсий найдено расчетное значение критерия Кохрена $G_p = S_{\max}/SS_i^2=0,283$. При этом табличное значение критерия Кохрена G_t при уровне значимости $q=0,05$ составило $G_t = 0,6798$

Таким образом, сравнение расчетного и табличного значений критерия Кохрена $G_p < G_t$ при уровне значимости $q=0,05$, говорит об однородности дисперсий. При этом дисперсия воспроизводимости S_v и ошибка опыта d соответственно составили:

$S_v = SS_i^2/(N-1)$	
$S_v =$	0,49429
$d =$	0,703

Сравнение расчетного t_{ip} и табличного t значений критерия Стьюдента при уровне значимости $q=0,05$ показало, что все коэффициенты являются значимыми ($t_{ip} > t$).

Аналогичным образом были получены математические модели для каждого Y и в завершении - итоговая математическая модель в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned}
 Y1 &= 11 * k * (38 * x + 3,975 * dx/dt - 9,050 * d^2x/dt^2 + 7,975 * d^3x/dt^3) \\
 Y2 &= 11 * k * (30,963 * x + 4,988 * dx/dt - 6,988 * d^2x/dt^2 + 9,213 * d^3x/dt^3) \\
 Y3 &= 11 * k * (40,063 * x + 8,113 * dx/dt - 9,988 * d^2x/dt^2 + 5,013 * d^3x/dt^3) \\
 Y4 &= 11 * k * (45,050 * x + 13,900 * dx/dt - 6,000 * d^2x/dt^2 + 7,025 * d^3x/dt^3) \\
 Y5 &= 11 * k * (50,050 * x + 5,000 * dx/dt - 15,050 * d^2x/dt^2 + 3,000 * d^3x/dt^3) \\
 Y6 &= 11 * k * (38 * x + 3,975 * dx/dt - 9,050 * d^2x/dt^2 + 7,975 * d^3x/dt^3) \\
 Y7 &= 11 * k * (62,513 * x + 6,488 * dx/dt - 11,588 * d^2x/dt^2 + 9,463 * d^3x/dt^3) \\
 Y8 &= 11 * k * (38 * x + 3,975 * dx/dt - 9,050 * d^2x/dt^2 + 7,975 * d^3x/dt^3) \\
 Y9 &= 11 * k * (40,063 * x + 8,113 * dx/dt - 9,988 * d^2x/dt^2 + 5,013 * d^3x/dt^3) \\
 Y10 &= 11 * k * (50,050 * x + 5,000 * dx/dt - 15,050 * d^2x/dt^2 + 3,000 * d^3x/dt^3)
 \end{aligned}$$

При построении дискретной математической модели также определены исходные данные входных и выходных сигналов, приведенные в табл. 3, 4.

Таблица 3 - Перечень дискретных входных сигналов

X1- Работа питательного насоса	
X2- Работа насоса охлаждающей воды на конденсаторе	
X3- Работа насоса воды на подпитку	
X4- Работа конденсатного насоса	
X5- Работа насоса охлаждающей воды на электрогенератор	
X6- Работа компрессора охлаждающего воздуха на электрогенератор	

Таблица 4 - Перечень дискретных выходных сигналов

Y1- Включение питательного насоса	1 (19...25mV)
Y2- Включение насоса охлаждающей воды на конденсатор	1 (19...25mV)
Y3- Включение насоса воды на подпитку	1 (19...25mV)
Y4- Включение конденсатного насоса	1 (19...25mV)
Y5- Включение насоса охлаждающей воды на электрогенератор	1 (19...25mV)
Y6- Включение компрессора охлаждающего воздуха на электрогенератор	1 (19...25mV)

Следует отметить, что для получения математической модели был реализован полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 23, план которого, в виде кодированных факторов, представлен в матрице X. В векторах $Y1, Y2$ представлены значения на выходе процесса по двум параллельным опытам. Таким образом, ММ может быть представлена следующим выражением:

$$Y_i = 2k * (a_0 * x + a_1 * dx/dt + a_2 * d^2x/dt^2 + a_3 * d^3x/dt^3).$$

При проверке однородности дисперсий дискретной модели установлена их однородность в связи с выполнением условия $G_p < G_t$, где расчетные значения критерия Кохрена $G_p = S_{\max} / \sum S_i^2 = 0,457$, где $S_{\max} = 0,08$. Причем табличное значение критерия Кохрена с уровнем значимости $q=0,05$ составило $G_t = 0,6798$, а все коэффициенты признаны значимыми.

Сравнение расчетных значений критерия Фишера $F_p = 19,771$ с табличными значениями $F_t = 3,84$ при уровне значимости $q=0,05$ и степенях свободы $f_1 = N - L = 4$, $f_2 = N(m-1) = 8$ (N - общее число опытов ПФЭ, m - число параллельных опытов, L - число значимых коэффициентов) показало адекватность полученных аналоговой $Y = k * (418 * x + 43,725 * dx/dt - 99,55 * d^2x/dt^2 + 87,725 * d^3x/dt^3) = 11 * k * (38 * x + 3,975 * dx/dt - 9,050 * d^2x/dt^2 + 7,975 * d^3x/dt^3)$ и дискретной $Y(x_1, x_2, x_3) = 23,181 + 0,244 * x_1 + 0,406 * x_2 + 0,469 * x_3$ моделей. Для решения задачи автоматизации макетного образца микроэнергокомплекса с применением специализированного пакета программ WinCC создан новый специализированный программный комплекс (рис. 1).

Таким образом, разработаны и нашли практическое применение модели, а также программный продукт контроля параметров электрической и тепловой энергии на макетном образце микроэнергокомплекса ООО НПП “Донские технологии” [5].

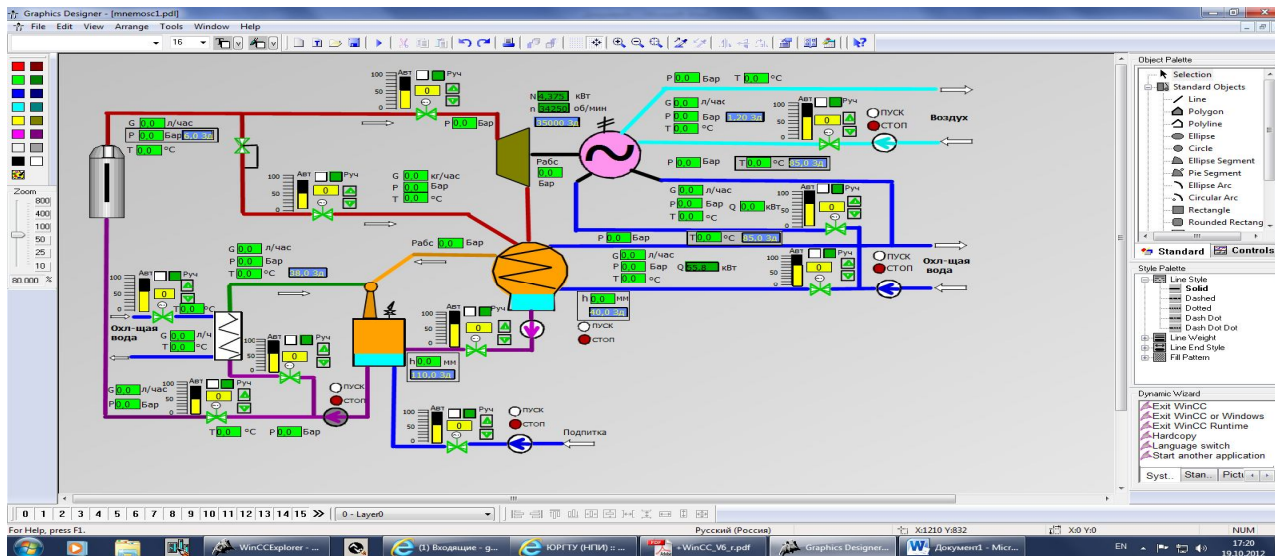


Рисунок 1 - Экранная форма программного комплекса контроля параметров макета микроэнергокомплекса

Перечень ссылок

1. Тюрин О. Г., Кальницкий В. С., Жегров Е. Ф. Математические модели и алгоритмы для управления новой технологией переработки энергоемких материалов в изделия. – 2008. № 4.
2. Автоматизация управления робототехнической линией мехобработки изделий // О.Г. Тюрин, В.Т. Стадник, С.К. Никифоров, Б.Г. Месежник. Автоматизация в промышленности. – 2008. №5. – с.56.
3. Бойко Б.Н. Прикладная микрокалориметрия: отечеств. приборы и методы. Ин-т биол. приборостроения с опытным производством РАН. –М.: Наука, 2006. – 119 с.
4. Емелина А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Лаборатория химического факультета МГУ.-2008 г.
5. Ефимов Н.Н., Паршуков В.И., Папин В.В., Безуглов Р.В., Янченко И.В., Клишников Р.А., Чумаков Д.Ю., Трофименко Е.С. Микротурбинная установка для эффективного энергоснабжения автономных индивидуальных потребителей. Изв. вузов Сев – Кавк регион. №1, 2013 г.