

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Д.В. Дубровин

Братский государственный университет

СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»»

«Умный Дом» - это на самом деле всего лишь качественная современная электрика, дающая пользователям дополнительные преимущества за счет более совершенной архитектуры. Проект Умного дома включает в себя электропроект и слаботочный проект (управление, телефония, видеонаблюдение, интернет, мультимедиа и т.д.)

«Умный дом» представляет собой интеллектуальную систему, которая объединяет электрические приборы посредством линии управления. Таким образом становится возможным одновременное управление несколькими приборами. При помощи всего лишь одного дисплея управления или нескольких выключателей можно управлять освещением, отоплением, жалюзи и системой сигнализации. При желании функции или статус можно вызвать даже с ПК или Palm.

Модель состава системы:

Отопление

- ✓ Управление системами отопления различных типов
- ✓ Экономизация затрат на отопление

Водоснабжение

- ✓ Контроль протечек воды во всех помещениях
- ✓ Управление системами водоподготовки

Газоснабжение

- ✓ Контроль утечки газа

Охрана

- ✓ Контроль проникновения в помещение
- ✓ Периметральный контроль
- ✓ Имитация присутствия людей
- ✓ Имитация присутствия животных
- ✓ Ограничение доступа

Пожарная безопасность

- ✓ Контроль возгорания

Управление электроэнергией

- ✓ Контроль электросетей
- ✓ Экономизация затрат

Оповещение

- ✓ Голосовое сообщение
- ✓ Дозвон по неограниченному числу тел. номеров
- ✓ SMS
- ✓ Internet

Слаботочные системы

- ✓ Структурированные кабельные системы (СКС)
- ✓ Локально-вычислительные сети (ЛВС)
- ✓ Системы связи

Средства общения умного дома:

Интернет

- ✓ Контроль и управление

Средства общения

- ✓ ДУ

- ✓ Пульт
- ✓ PALM
- ✓ PC
- ✓ SMS

Схема устройств «Умного дома»

Устройства, необходимые для создания «Умного дома», можно разбить на несколько групп. Первая группа - это датчики и устройства ввода информации. Благодаря устройствам этой группы, «Умный дом» получает сведения о состоянии внешней среды - какая температура в доме, есть ли движение в комнате, на сколько установить влажность в детской комнате и так далее. Можно сравнить эту группу устройств с органами чувств человека - функциональное назначение практически одинаково. Вторая группа устройств - это исполнительные элементы. К ним можно отнести все приборы, которые можно подключить к системе «умный дом»

Схема функций

«Умный дом» можно рассматривать как модульную систему. То есть всегда можно подключить новый функционал, сохранив при этом уже существующий. Например, умный дом умеет управлять освещением и температурой в здании.



Рис. 1. Схема устройств «Умного дома»

Система «Умный дом» позволит экономить: в отсутствие человека понижать электропотребление конвекторами, обогревателями, климатическим оборудованием и прочими инженерными системами. Отключать неиспользуемое освещение, подогрев полов, а так же система «умный дом» - это престижность и очень высокий уровень комфорта.

Е.И. Диденко

Братский государственный университет

СИНТЕЗ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА, ВХОДЯЩЕГО В СТРУКТУРУ ПОЛОСОВОГО НЕЛИНЕЙНОГО КОРРЕЛЯЦИОННОГО ФИЛЬТРА

Структурная схема синтезируемого полосового нелинейного корреляционного фильтра представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема полосового нелинейного корреляционного фильтра

В структуру полосового нелинейного корреляционного фильтра входят: полосовой фильтр (ПВ), нелинейный элемент (НЭ), форсирующий фильтр (ФФ) и корреляционный фильтр (КФ). В устройствах, предназначенных для вычисления корреляционно-спектральных функций, основным элементом является четный полосовой фильтр, для которого импульсно-переходная функция $h(t)$ в асимптотике равна $\cos \omega_0 t$, где ω_0 - центральная частота настройки полосового фильтра. Поэтому сначала синтезируется физически реализуемый полосовой фильтр, обладающий указанными асимптотическими свойствами.

На рис. 2 представлен полосовой фильтр, описываемый передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{R_H (R_1 CS + 1)}{R_1 + SL(R_1 CS + 1) + (R + R_H)(R_1 CS + 1)}. \quad (1)$$

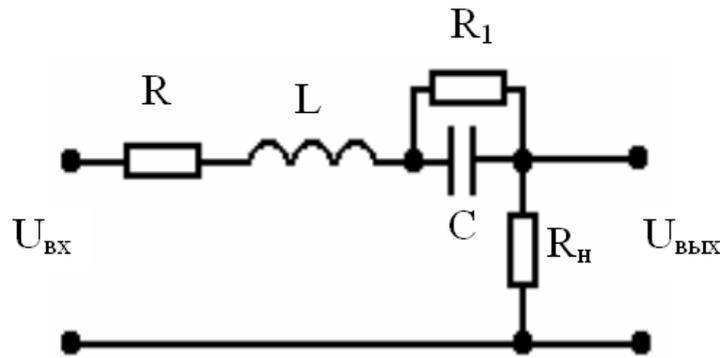


Рис. 2. Схема полосового фильтра

После проведения следующих замен: $R_H = kR$, $R_1 = mR$ и принимая, что

$RC = \frac{1}{\theta\omega_p}$, $\theta = \frac{\omega_p L}{R}$, $\frac{L}{R} = \frac{\theta}{\omega_p}$, получим выражение для передаточной функции в безразмерном виде:

$$W(S) = \frac{\left(mS \frac{\omega_p}{\theta} + 1\right) \frac{k}{m}}{S^2 + S \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right] + \omega_p^2}. \quad (2)$$

Для построения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик выделяем реальную и мнимую составляющие передаточной функции (2)

$$\text{Re} = \frac{\frac{k}{m} (\omega_p^2 - \omega^2) + \omega^2 \left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right) \frac{\omega_p k}{\theta}}{(\omega_p^2 - \omega^2)^2 + \left(\omega \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right] \right)^2}, \quad (3)$$

$$\text{Im} = \frac{\frac{\omega \omega_p k}{\theta} (\omega_p^2 - \omega^2) - \frac{\omega k}{m} \left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right)}{(\omega_p^2 - \omega^2)^2 + \left(\omega \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right] \right)^2}, \quad (4)$$

Из (1.1) и (1.2) получаем амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики.

$$L(\omega) = \frac{k}{m\theta} \sqrt{\frac{\theta^2 + \omega^2 \omega_p^2 m^2}{(\omega_p^2 - \omega^2)^2 + \left(\omega \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right] \right)^2}}, \quad (5)$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \left(\frac{\frac{\omega \omega_p k}{\theta} [\omega_p^2 - \omega^2] - \frac{\omega k}{m} \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right]}{\frac{k}{m} [\omega_p^2 - \omega^2] + \frac{\omega^2 \omega_p k}{\theta} \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p \right]} \right). \quad (6)$$

По определению добротность полосового фильтра определяется соотношением.

$$Q = \frac{\omega_p}{(\omega_B - \omega_H)}, \quad (7)$$

где Q - добротность фильтра; ω_p - частота резонанса фильтра; ω_B - верхняя частота и ω_H - нижняя частота, определяемые по значениям амплитудно-частотной характеристики на уровне $1/\sqrt{2}$.

Для того, чтобы определить максимальное значение коэффициента передачи в выражение (4) подставим ω_p вместо ω . Затем уравнение (5) делим на максимальное значение коэффициента передачи и получаем нормированную амплитудно-частотную характеристику, которую приравняем к значению $1/\sqrt{2}$. В результате имеем уравнение, используя которое можно определить ω_H и ω_B

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\theta^2 + \omega_p^2 \omega_p^2 m^2}{\left(\omega_p^2 - \omega_p^2\right)^2 + \left(\omega_p \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right]\right)^2} = \\ = \frac{\theta^2 + \omega^2 \omega_p^2 m^2}{\left(\omega_p^2 - \omega^2\right)^2 + \left(\omega \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right]\right)^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

После проведения следующих замен:

$$A = \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right], \quad H = \left[\frac{1}{\sqrt{2} \omega_p A}\right]^2 (\theta^2 + m^2 \omega_p^4),$$

имеем

$$\omega_{1,2} = \sqrt{\frac{-[A^2 H - 2\omega_p^2 H - \omega_p^2 m^2] \pm \sqrt{(A^2 H - 2\omega_p^2 H - \omega_p^2 m^2)^2 - 4H(\omega_p^4 H - \theta^2)}}{2H}}. \quad (7)$$

Как видно из полученных корней (частот ω_1 , ω_2), они зависят от коэффициентов k , θ , m и ω_p , и следовательно, добротность зависит от этих параметров.

Поскольку в технических приложениях, кроме передаточной функции, необходимо иметь импульсную переходную функцию, приводим выражение для неё

$$\begin{aligned} h(t) = \frac{\omega_p k}{\theta} e^{-\frac{\left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right)}{2} t} \cos \left(\frac{\sqrt{4\omega_p^2 - \left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right)^2}}{2} t \right) - \\ - \frac{\left(\frac{\omega_p k}{\theta} \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right] - \frac{2k}{m}\right)}{\sqrt{4\omega_p^2 - \left[\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right]^2}} e^{-\frac{\left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right)}{2} t} \times \\ \times \sin \left(\frac{\sqrt{4\omega_p^2 - \left(\frac{\theta}{m} \omega_p + \frac{(1+k)}{\theta} \omega_p\right)^2}}{2} t \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики линейного полосового фильтра при разных добротностях представлены на рис.3-6. Изменение добротности

фильтра и коэффициента передачи достигается путем изменения коэффициентов k , θ и m . При построении графиков амплитудно и фазочастотных характеристик полосовых фильтров использовались формулы (5) и (6). Для получения необходимого значения добротности, была написана программа на языке Паскаль для подбора коэффициентов k с шагом 1, θ с шагом 1 и m с шагом 5. При расчетах в некоторых случаях получалось, что максимальный коэффициент передачи полосового фильтра был меньше единицы. С целью нормировки полученные значения домножались на известные коэффициенты K .

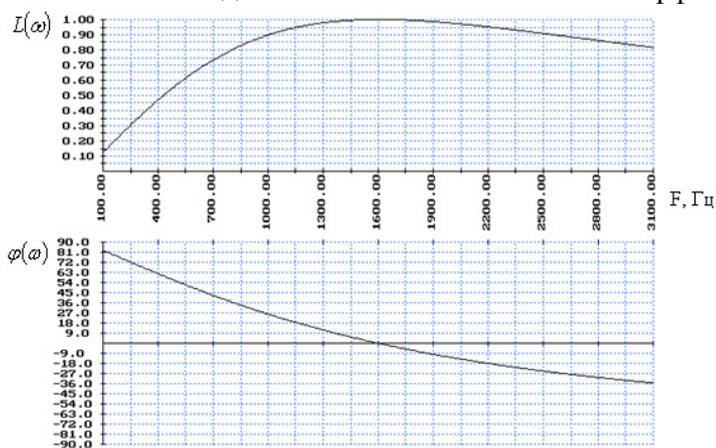


Рис. 3. АЧХ и ФЧХ полосового фильтра при $\theta=3$, $k=5$, $m=1500$, $K=1,202$, добротность 0,5

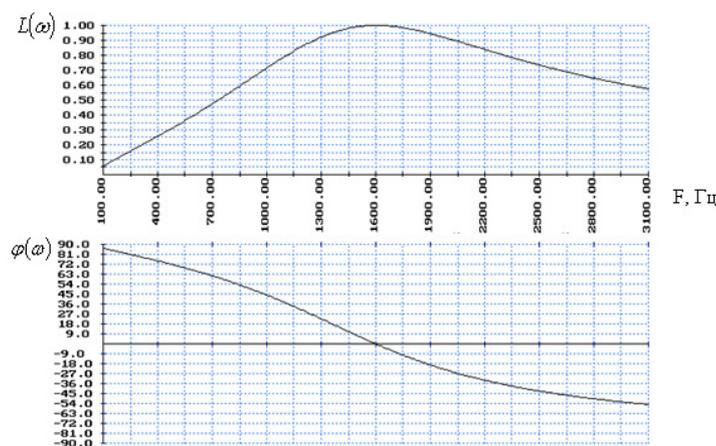


Рис. 4. АЧХ и ФЧХ полосового фильтра при $\theta=30$, $k=28$, $m=901$, $K=1,072$, добротность 1

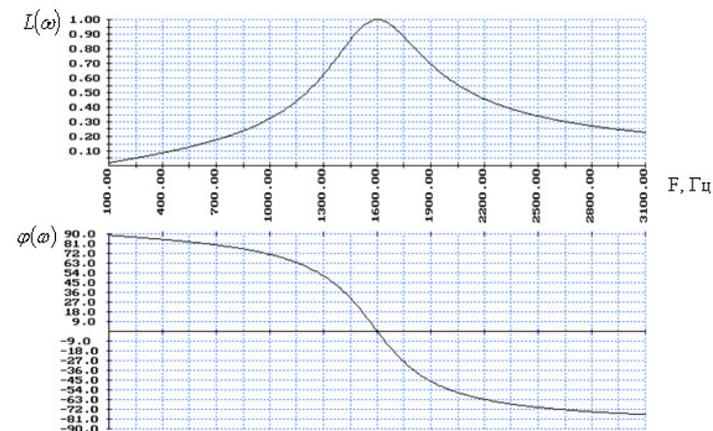


Рис. 5. АЧХ и ФЧХ полосового фильтра при $\theta=20$, $k=5$, $m=601$, $K=1,334$, добротность 3

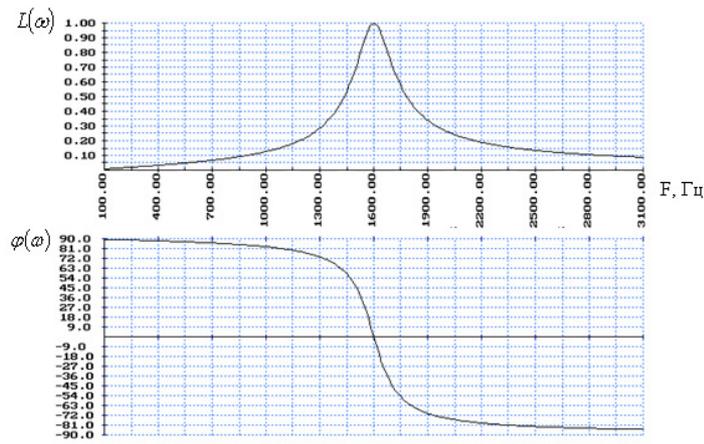


Рис. 6. АЧХ и ФЧХ полосового фильтра при $\theta = 66$, $k=6$, $m=3500$, $K=1,375$, добротность 8

Из анализа рис.3-6 следует, что синтезированный полосовой линейный фильтр обеспечивает хорошие частотные избирательные свойства, которые с увеличением добротности улучшаются. Для улучшения фазовых свойств полосового фильтра, в структуру синтезируемого полосового нелинейного фильтра необходимо ввести форсирующий фильтр.

О.В. Журавлева, Ю.Г. Дементьева

Братский государственный университет

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШУМОВ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ПАССИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Одним из требований к технологическим процедурам идентификации, определяющим применимость методики в реальных условиях, является «невмешательство» в процесс нормального функционирования системы управления. Опыт экспериментальных исследований показывает, что ЧХ параметра стабилизации удовлетворительного качества могут быть получены в процессе эксплуатации путем обработки реакции системы на пробное возмущение амплитудой 5-10 %, поданное в точку замыкания канала стабилизации систем автоматического управления (САУ), т.е. посредством активного эксперимента. Рассмотрим иной подход к идентификации, когда в качестве тестового воздействия на систему используется выделенный паразитный шум регулятора. При этом метод, по сути являясь активным, переходит в разряд пассивных, поскольку в качестве исходной информации предполагается обрабатывать только сигналы нормально функционирующей системы. Структурная схема регулятора при таком подходе может быть представлена следующим образом (рис. 1):

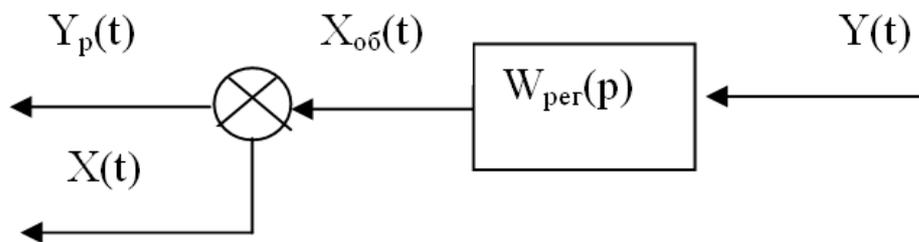


Рис. 1. Структурная схема регулятора при разделении регулирующего сигнала

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

- $Y(t)$ - сигнал параметра стабилизации системы, подаваемый на вход регулятора;
- $X_{об}(t)$ - суммарный сигнал регулятора, подаваемый на вход системы;
- $Y_p(t)$ - идеальный сигнал регулятора, который является реакцией реального звена

$W_{рег}(p)$ на воздействие $Y(t)$;

- $X(t)$ - сигнал выделенного шума, который предполагается использовать в качестве тестового.

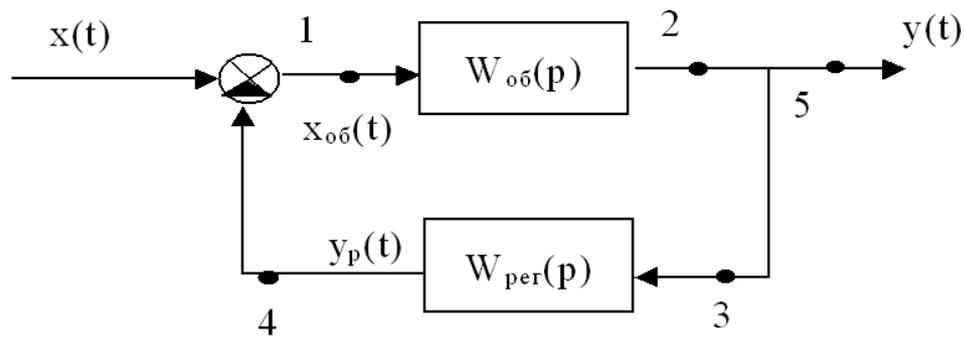


Рис. 2. Структурная схема системы САУ

Исследования будем проводить на примере САУ, структурная схема которой представлена на рис. 2, где $x(t)$ и $y(t)$ – входной и выходной сигналы соответственно, а точки 1 - 5 – точки возможного приложения шума.

Тестовая передаточная функция объекта имеет вид:

$$W_{об}(p) = \frac{(p+1)(0.3p+1)(0.2p+1)}{(0.1p^2+0.05p+1)(1.894p+1)(0.106p+1)} \quad (1)$$

Идеализированный АРВ-СД описывается передаточной функцией:

$$W_{рег}(p) = \frac{(k_1p+k_0)}{(0.010p+1)}, \quad (2)$$

где k_1 и k_0 – настроечные параметры регулятора, зафиксированные в процессе эксперимента. Расчетные частотные характеристики (ЧХ) объекта представлены на рисунке 3.

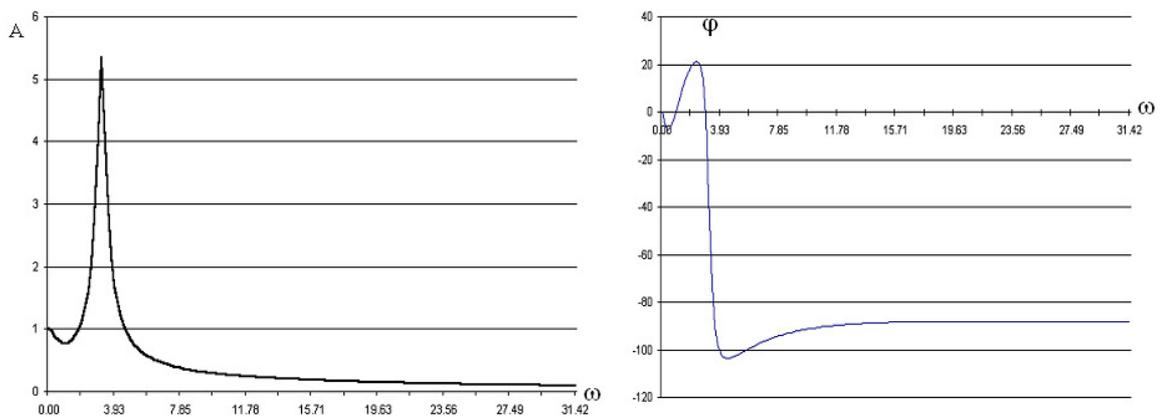


Рис. 3. АЧХ и ФЧХ объекта

При исследовании алгоритмов управления требуется их экспериментальная проверка во времени. Одним из эффективных методов цифрового моделирования систем в реальном времени является z-преобразование.

$$F^*(z) = Z(f[n]) = \sum_{n=0}^{\infty} z^{-n} f[n], \quad (3)$$

где $f[n]$ – дискретная функция.

Используя z-преобразование, определим импульсную передаточную функцию как отношение преобразований выходного и входного сигналов:

$$W(z) = \frac{Z(y[n])}{Z(x[n])}, \quad (4)$$

где $y[n]$ – импульсное представление выходного сигнала, $x[n]$ - представление входного.

Импульсная передаточная функция при заданном шаге дискретизации по времени однозначно связана с «непрерывной» передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{b_0 + b_1 p + \dots + b_m p^m}{a_0 + a_1 p + \dots + a_n p^n} \rightarrow W(z) = \frac{b_{z0} + b_{z1} z + \dots + b_{zm} z^m}{a_{z0} + a_{z1} z + \dots + a_{zn} z^n}. \quad (5)$$

Используя свойство смещения в области оригиналов z-преобразования:

$$Z(f[n-k]) = z^k Z(f[n]) \quad (6)$$

и учитывая (3) и (4), получим рекуррентную формулу для моделирования реакции системы на заданное входное воздействие:

$$y[k] = \frac{\sum_{i=0}^m b_{zi} x[k-i] - \sum_{i=1}^n a_{zi} y[k-i]}{a_{z0}}, \quad (7)$$

где $x[-1]=\dots=x[-m]=y[-1]=y[-n]=0$.

Данное соотношение лежит в основе алгоритма имитационного моделирования. Для корректной работы алгоритма требуется правильно подобрать шаг дискретизации сигналов по времени dt . Критерием выбора данного параметра является теорема Котельникова.

Основными шагами алгоритма моделирования являются:

- определение импульсных передаточных функций объекта и регулятора;
- определение значения входного сигнала системы $x(t)$ для момента времени $t=n \cdot dt$;
- определение значения входного сигнала объекта для n -го момента времени как разности между входным сигналом системы и выходным сигналом регулятора для предыдущего момента;
- определение выходного сигнала объекта и регулятора по соотношению (7);
- добавление, при необходимости, « шумовых » составляющих к сигналам в точки 1-4 системы (рис.2).

Для оценки достоверности алгоритма в качестве входного сигнала $x(t)$ системы использовался единичный ступенчатый сигнал. В этом случае аналитически рассчитанный выходной сигнал $y(t)$ может быть представлен соотношением:

$$y(t) = 0,667 - 0,323 \cdot e^{-0,523 \cdot t} + 0,0024 \cdot e^{-6,956 \cdot t} - 4 \cdot 10^{-7} \cdot e^{-400 \cdot t} + 0,387 \cdot e^{-1,24 \cdot t} \cdot \cos(1,736 \cdot t + 3,104) \quad (8)$$

На рис. 4 приведены результаты расчета и моделирования переходного процесса.

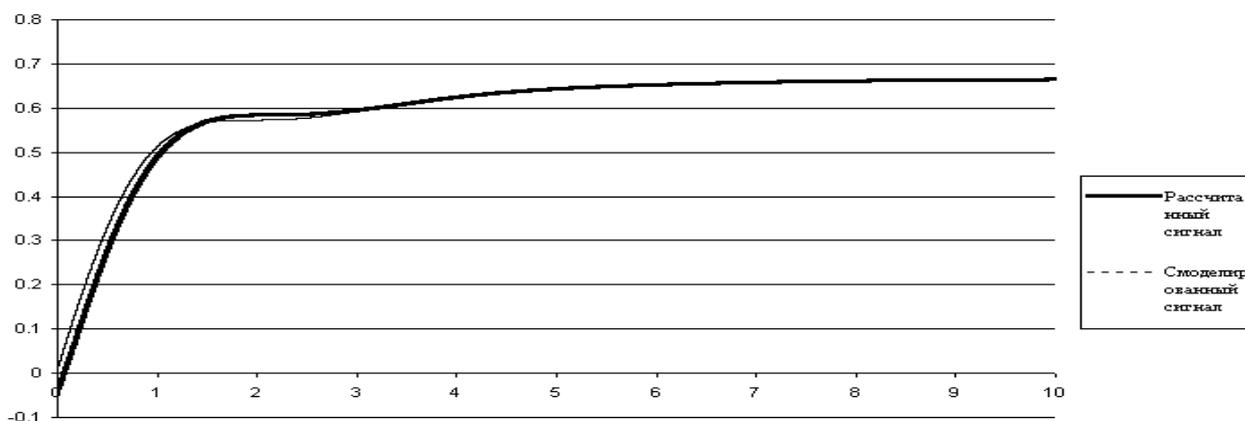


Рис. 4. Переходный процесс в системе при входном ступенчатом сигнале

Полученные характеристики с удовлетворительной погрешностью совпадают с расчетными, что позволяет констатировать:

- некоррелированный шум на выходе регулятора может быть выделен из суммарного сигнала в замкнутой системе и обработан в качестве известного тестового сигнала;
- методика применима для целей идентификации динамических объектов в условиях воздействия дополнительной некоррелированной помехи на выход объекта, амплитуда которой может достигать 10-15% от уровня полезного сигнала.

Н.В. Квашнин, И.Р. Сугачевский

Братский государственный университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ

Высокая размерность и сложность современных энергосистем являются основными факторами, затрудняющими решение задач идентификации. В связи с этим большое число работ посвящено исследованию особенностей математического описания, обоснованию упрощения моделирования отдельных элементов ЭЭС и эквивалентированию частей системы. Однако использование упрощенного моделирования и традиционного эквивалентирования может привести к значительным ошибкам.

Существующие подходы в идентификации ЭЭС в основном базируются на параметрических методах с использованием математического описания ЭЭС в виде линейаризованных дифференциальных уравнений, полученных по уравнениям Парка – Горева.

Таким образом, ЭЭС может быть описана простым линейным дифференциальным уравнением:

$$y(t) + a_1 y'(t) + \dots + a_n y^{(n)}(t) = b_0 x(t) + b_1 x'(t) + \dots + b_m x^{(m)}(t), \quad (1)$$

где $x(t)$ – процесс на входе системы, $y(t)$ – процесс на выходе из системы, $a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n$ – весовые коэффициенты динамической системы.

Для дискретной динамической системы, соответствующей непрерывной системе, уравнение (1) заменяется линейным разностным уравнением:

$$y(t_p) + a_1 y(t_{p-1}) + \dots + a_n y(t_{p-n}) = b_0 x(t_p) + b_1 x(t_{p-1}) + \dots + b_m x(t_{p-m}), \quad (2)$$

где $x(t_p)$ – значение входной последовательности системы в текущий момент времени t_p , $x(t_{p-i})$ – значение входной последовательности системы в предыдущих моментах времени t_{p-i} , $y(t_p)$ – значение выходной последовательности системы в текущий момент времени t_p , $y(t_{p-i})$ – значение выходной последовательности системы в предыдущих моментах времени t_{p-i} , $a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n$ – весовые коэффициенты дискретной динамической системы.

Дифференциальное уравнение (1) также можно представить в виде отношения двух многочленов от частоты:

$$W(jf) = \frac{b_0 + b_1(jf) + b_2(jf)^2 + \dots + b_m(jf)^m}{1 + a_1(jf) + a_2(jf)^2 + \dots + a_n(jf)^n} = \frac{M(jf)}{N(jf)}. \quad (3)$$

Идентификация системы, описанной выражениями (1) – (3), состоит в определении неизвестных коэффициентов a_i и b_i таким образом, чтобы отклонения полученных значений от экспериментальных были минимальны.

К настоящему времени разработано множество алгоритмов и методов по определению таких оценок системы. Это метод наименьших квадратов (МНК), метод Леви, метод вспомогательных переменных, метод максимального правдоподобия, метод эталонной модели, метод ошибки предсказания, метод обучения и др. Для определения динамики системы в частотном виде можно воспользоваться методом Боде или частотным методом моментов.

К сожалению, все эти методы имеют один существенный недостаток, состоящий в том, что должен быть заранее известен порядок системы. Для сложной системы, такой, как ЭЭС, определение точного порядка дифференциального уравнения (1) очень затруднительно и требует длительного структурного анализа. В некоторых случаях оно не представляется возможным. Даже если порядок системы известен, то большая размерность

(порядка сотни) делает использование параметрических подходов проблематичным даже при использовании мощной вычислительной базы.

Для устранения этих недостатков следует воспользоваться непараметрическим методом идентификации систем. Когда порядок системы неизвестен, для установления количественной связи между выходом и входом и описания динамических свойств системы служит соотношение, которое называется интегралом Дюамеля, или интегралом свертки:

$$y(t) = \int_0^t k(t-\tau)x(\tau)d\tau, \quad (4)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – соответственно процессы на входе и выходе системы, а $k(t)$ – весовая или импульсная характеристика, описывающая динамические свойства системы.

Для дискретных величин интеграл (1.3.4) принимает следующий вид:

$$y(t_p) = \sum_{i=0}^{\infty} k(t_p - i)x(t_p - i) \quad (5)$$

где $x(t_p)$ и $y(t_p)$ – значение входной и выходной последовательности системы в текущий момент времени t_p , $x(t_p - i)$ – значение входной последовательности системы в предыдущих моментах времени $t_p - i$, $k(t_p)$ – значение дискретной весовой функции системы в текущий момент времени t_p .

Тогда задача идентификации на основании (4) сводится к определению переходной импульсной характеристики $k(t)$. В настоящее время разработано несколько методов по определению импульсной характеристики. Это метод механических квадратур, метод ортогональных разложений и метод регуляризации. Недостатками этих временных методов служат слабая помехоустойчивость, большая размерность системы алгебраических уравнений и связанная с ней вычислительная неустойчивость. Также большим недостатком является пригодность методов только для идентификации апериодических и слабоколебательных систем.

Вышеизложенные трудности можно обойти, используя уравнение Фредгольма, в основе которого лежит интегральное соотношение

$$R_{yx}(\tau) = \int R_{xx}(\tau - \theta)k(\theta)d\theta, \quad -\infty < \tau < +\infty, \quad (6)$$

позволяющее по корреляционной функции сигнала $x(t)$ на входе $R_{xx}(\tau)$ исследуемой системы и взаимной корреляционной функции $R_{yx}(\tau)$ между выходом $y(t)$ и входом $x(t)$ найти импульсную переходную характеристику $k(\tau)$.

Основным преимуществом корреляционных методов, базирующихся на соотношении Фредгольма, по сравнению с временными, требующими решения интегрального уравнения (4), является их помехоустойчивость. Также к преимуществу можно отнести то, что определение корреляционных характеристик для достаточно длинных промежутков времени позволяет выбирать очень небольшую амплитуду тестового сигнала, так что подача тестового сигнала на вход системы по существу не сказывается на его функционировании.

Корреляционные методы имеют и ряд недостатков, которые ограничивают их применение. К ним относятся дороговизна корреляторов, используемых при измерении частотных характеристик входных и выходных сигналов, а также неоднозначный аппарат при определении корреляционных функций по временным выборкам реальных сигналов.

Другим способом характеризации динамических систем служит определение частотного отклика, или передаточной функции $H(f)$ системы. Передаточная функция определяется как преобразование Фурье переходной импульсной характеристики

$$H(f) = \int_0^{\infty} k(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau. \quad (7)$$

Частотная характеристика содержит информацию о преобразующих свойствах системы по амплитуде и фазе на каждой частоте в исследуемом диапазоне и отражает главное свойство линейных систем, заключающееся в том, что их преобразующее действие не искажает частоту гармонического сигнала.

Частотная характеристика является величиной комплексной и может быть представлена в следующем виде:

$$H(f) = |H(f)| e^{-j\varphi(f)}, \quad (8)$$

где $|H(f)|$ - амплитудная частотная характеристика (АЧХ), $\varphi(f)$ – фазовая частотная характеристика (ФЧХ).

Используя обратное преобразование Фурье и известную частотную характеристику, можно всегда получить весовую характеристику системы

$$k(\tau) = \int_0^{\infty} H(f) \exp(j2\pi f\tau) df. \quad (9)$$

Исходя из этих позиций можно сделать вывод, что частотные характеристики системы в целом и отдельных составных ее элементов обладают всеми необходимыми свойствами динамических моделей. Таким образом, задача идентификации в этой постановке сводится к нахождению характеристик объекта в частотной области.

Определить частотную характеристику по входным и выходным процессам можно, осуществив преобразование Фурье обеих частей равенства (1.3.4). И тогда получаем представление системы в частотной области

$$Y(f) = H(f)X(f), \quad (10)$$

где $H(f) = \int_0^{\infty} k(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ - частотная характеристика системы, описывающая динамику системы в частотной области.

$X(f) = \int_0^{\infty} x(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ - преобразование Фурье входного процесса системы,

$Y(f) = \int_0^{\infty} y(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ - преобразование Фурье выходного процесса системы.

Все вышеизложенные формулы имеют свои аналоги для дискретных функций, соответствующих случаю конечной длины записи.

Главным преимуществом спектральных методов является их частотная избирательность и применимость к колебательным процессам.

Недостатки метода обусловлены только традицией. В прошлом из-за отсутствия полного понимания преимуществ этого метода и выбора исследовательского оборудования данный подход в определении динамики системы был крайне ограничен. Однако применение быстродействующих ЭВМ и аналога – цифровых систем для оценивания передаточных функций заложило прочную практическую основу под эту методику.

Таким образом, для определения передаточной функции могут быть использованы классические параметрические методы идентификации. Однако, как уже отмечалось, эти методы громоздки, требуют значительного объема априорной информации и приводят к неоднозначному аналитическому описанию. Поэтому для идентификации квазистационарных линеаризованных систем необходимо искать новые и совершенствовать известные непараметрические методы, позволяющие определять динамику системы в реальном времени.

Наиболее эффективным с этих позиций является спектральный метод, базирующийся на дискретном преобразовании Фурье и позволяющий по входным и выходным сигналам системы выявить динамические свойства.

Б.О. Логинов

Братский государственный университет

МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

При создании современных многокомпонентных систем большая часть составляющих этих систем необходимо оценивать несколькими параметрами, описывающими важные, с точки зрения лица принимающего решение, характеристики этих компонентов или частей. Другими словами, существуют m показателей качества этих составляющих, по которым необходимо выбрать лучший экземпляр.

Рассматривается задача многокритериальной оптимизации вида

$$f_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}, f_i : D \rightarrow R, i = 1, \dots, m; D \subseteq R^m \quad (1)$$

Таким образом, предполагается, что задано m функций или функционалов f_i , отображающих множество D n -мерных векторов $x = (x_1, \dots, x_n)$ во множество вещественных чисел R . Здесь предполагается, что выбор оптимальных значений x производится не во всем n -мерном пространстве R^m , а лишь в пределах некоторого его подмножества D . Например, можно интерпретировать (1) как задачу оптимального выбора параметров x_1, \dots, x_n , некоторой системы (например, подсистемы отображения информации системы видеонаблюдения некоторой интегральной системы безопасности), качество которой оценивается показателями f_1, \dots, f_n .

В этом случае ограничение $x \in D$ отражает технологические и иные возможности реализации тех или иных значений x_i .

Кроме того, часть ограничений может формироваться на основе имеющейся априорной информации, позволяющей исключить из рассмотрения заведомо неудачные варианты x_i .

Рассмотрим традиционные методы многокритериальной оптимизации, сводящие процесс многокритериального выбора (1) к некоторому однокритериальному отбору.

Метод главного критерия. В методе главного критерия в качестве целевой функции выбирается один из функционалов f_n , например f_1 , наиболее полно с точки зрения разработчика отражающий цель принятия решения. Остальные требования к результату, описываемые функционалами f_2, f_3, \dots, f_n учитываются с помощью введения необходимых дополнительных ограничений. Таким образом, вместо задачи (1) решается другая, уже однокритериальная задача вида

$$f_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}, f_i : D' \subseteq D \subseteq R^n; \quad (2)$$

$$D' = \{x \in D / f_i(x) \geq t_i, i = 2, \dots, m\}$$

Формально получается более простая задача поиска максимума функционала на новом допустимом множестве D' . Добавились ограничения вида $f_i(x) > t_i$ показывающие, что разработчик может не добиваться максимальных значений для функционалов f_2, f_3, \dots, f_n сохраняя требование их ограниченности снизу на приемлемых уровнях. Важно понимать, что переход от задачи (1) к задаче (2) вовсе не есть переход от одной эквивалентной задачи к другой. Произошло существенное изменение исходной постановки задачи, которое в каждой конкретной ситуации требует отдельного обоснования, так как возможны трудности, связанные с возможным наличием нескольких «главных» критериев, находящихся в противоречии друг с другом. Кроме того, не всегда ясен алгоритм выбора

нижних границ t_i . Их необоснованное задание может привести, в частности, к пустому множеству D' .

Метод линейной свертки. Это наиболее часто применяемый метод «скаляризации» (свертки) задачи (1), позволяющий заменить векторный критерий оптимальности $f = (f_1, \dots, f_n)$ на скалярный $J : D \rightarrow R$. Он основан на линейном объединении всех частных целевых функционалов f_1, \dots, f_n в один:

$$J(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}; \alpha_i > 0, \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1 \quad (3)$$

Весовые коэффициенты α_i могут при этом рассматриваться как показатели относительной значимости отдельных критериальных функционалов f_i . Чем большее значение мы придаем критерию f_i , тем больший вклад в сумму (3) он должен давать и, следовательно, тем большее значение ее, должно быть выбрано. При наличии существенно различных частных критериев обычно бывает достаточно сложно указать окончательный набор коэффициентов α_i исходя из неформальных соображений, связанных, как правило, с результатами экспертного анализа.

Метод максиминной свертки. Обычно применяется в форме $J(x) = \min_{x \in D} f_i(x) \rightarrow \max$.

Здесь, в отличие от метода линейной свертки, на целевой функционал $J(x)$ оказывает влияние только тот частный критерий оптимальности, которому в данной точке x соответствует наименьшее значение соответствующей функции $f_i(x)$. И если в случае метода линейной свертки, возможны неудовлетворяющие значения некоторых параметров за счет достаточно высоких значений остальных целевых функционалов, то в случае максиминного критерия производится расчет «на наихудший случай», и по значению $J(x)$ можно определить гарантированную нижнюю оценку для всех функционалов $f_i(x)$. Этот факт оценивается как преимущество максиминного критерия перед методом линейной свертки.

При необходимости нормировки отдельных частных целевых функционалов, то есть приведение во взаимное соответствие масштабов измерения значений отдельных функционалов $f_i(x)$, используется следующая форма максиминного критерия:

$$J(x) = \min_i \alpha_i f_i(x) \rightarrow \max_{x \in D} \quad (4)$$

где весовые коэффициенты α_i , удовлетворяют требованиям (3).

Подбирая различные значения α_i , можно определенным образом воздействовать на процесс оптимизации, используя имеющуюся априорную информацию.

Из вышеизложенного следует, что ни один из методов, рассмотренных выше, не позволяет выделить единственное оптимальное решение.

Важнейшее значение при исследовании задач (1) имеет принцип Парето и связанные с ним понятия эффективного (Парето-оптимального) и слабо эффективного решения.

Многокритериальный выбор. Представим, что «качество», или «полезность», исхода оценивается не одним числом, а несколькими. Другими словами, предполагается, что существует несколько показателей качества решения, описываемых частными целевыми функциями $f_k : Y \rightarrow R, k = 1, 2, \dots, m$, которые требуется максимизировать либо минимизировать в соответствии с определенной задачей.

В данном методе используются следующие отношения доминирования:

$$(y_i, y_j) \in R_p \leftrightarrow \forall k : [f_k(y_i) \geq f_k(y_j)] \wedge [f(y_i) \neq f(y_j)];$$

$$(y_i, y_j) \in R_s \leftrightarrow \forall k : [f_k(y_i) > f_k(y_j)]$$

Здесь $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$. Отношение доминирования R_p называется отношением Парето, а R_s - отношением Слейтера.

Исходя из вышеизложенного определяется, что для некоей точки $y_0 \in Y$ не существует более предпочтительной по Парето точки, т.е. такой точки y , что $(y, y_0) \in R_p$ то тогда точка y_0 называется эффективным или Парето-оптимальным решением многокритериальной задачи

$$f_k(y) \rightarrow \max(\min), k = 1, 2, \dots, m; y \in Y$$

Множество, включающее в себя все эффективные элементы множества Y , обозначается $P_f(Y)$ или просто $P(Y)$ и называется множеством Парето для векторного отношения

$$f : Y \rightarrow R^m, f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$$

Очевидно, $P(Y) \subseteq Y$. Множество $P(f) = f(P(Y))$ называется множеством эффективных оценок. Смысл введенного понятия эффективного решения состоит в том, что оптимальных исход следует искать только среди элементов множества недоминируемых элементов $P(Y)$ (принцип Парето). В противном случае всегда найдется точка $y \in Y$, оказывающаяся более предпочтительной с учетом всех частных целевых функций $f(y)$.

При этом, бинарное отношение R_p является антирефлексивным, и транзитивным. Из этого следует, что R_p - частичный строгий порядок на Y .

Обычно цель решения многокритериальной задачи состоит в выделении множества Парето $P(Y)$. При отсутствии дополнительной информации о системе предпочтений пользователя большего сделать нельзя.

Таким образом, задание целевых функций для оценки качества исходов, в случае многокритериального выбора, может порождать различные системы предпочтений, выраженные на языке бинарных отношений. При этом задача построения ядра оказывается эквивалентной либо задаче построения множества максимизаторов скалярной целевой функции, либо задаче построения множества Парето для векторной целевой функции.

Решения, соответствующие различным наборам весовых коэффициентов, являются равноправными элементами множеств эффективных и слабо эффективных решений, ядра соответствующих бинарных отношений (отношений Парето и отношений Слейтера), то есть и являются искомыми решениями. Но с практической точки, а также в системах автоматизированного проектирования зачастую необходимо выбрать единственное решение. Для этого нужно привлекать дополнительную информацию о предпочтениях лица, принимающего решения. Принцип Парето в этом случае позволяет максимально сузить класс возможных претендентов на решение и исключить из рассмотрения заведомо не подходящие варианты.

Е.А. Приходько, Е.В. Тищенко

Братский государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ УКРУПНЕННОГО БЛОКА УБ-2 БРАТСКОЙ ГЭС

Большую часть технической базы ГЭС составляют релейно-контактные, полупроводниковые, и электронные аналоговые элементы. Такая техника позволяет решать основные задачи по управлению, контролю и технологической защите оборудования ГЭС и энергосистемы в целом. Однако, при этом невозможно реализовать автоматический сбор, обработку, анализ и хранение технологической информации, без чего не мыслится современная система управления.

Необходимо произвести замену электрогидравлических регуляторов ЭГР-150 на микропроцессорные регуляторы фирмы VOITH-SIEMENS, что позволит существенно

увеличить надежность системы автоматического регулирования гидроагрегатов, обеспечит совместимость с микропроцессорной системой группового регулирования активной мощности и напряжения, снизит трудозатраты, упростит эксплуатацию и наладку.

Характеристика объекта автоматизации

Укрупненный блок (УБ-2) в составе Братской ГЭС включает в себя 2 гидроагрегата (ГА) (3Г, 4Г), трансформатор (Т2), 2 разъединителя генераторных (РГ) и 2 воздушных выключателя (ВВ).

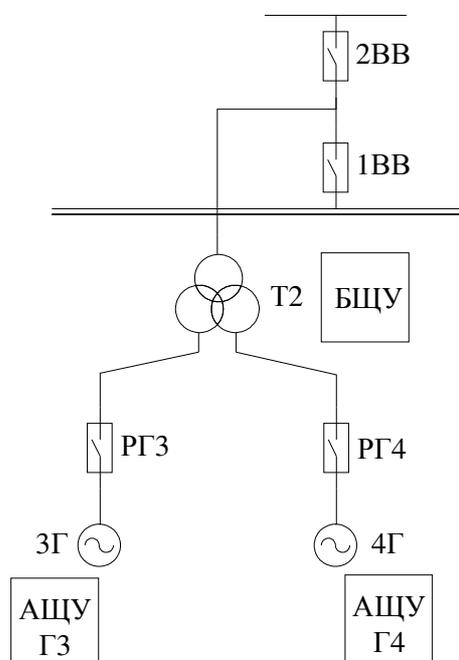


Рис. 1. Структурная схема

УБ-2 АЩУ – агрегатный щит управления; БЩУ – блочный щит управления

Программируемый контроллер S7- 400H

Программируемый резервированный контроллер SIMATIC S7-400H состоит из следующих частей:

1) Две резервированных подсистемы, каждая из которых включает в себя:

- Носитель модулей (корзина) - предназначен для крепления модулей и реализации обмена данными между модулями по внутренней шине;
- Блок питания PS405, включающий в себя две буферные батареи для обеспечения сохранения программы, данных и конфигурационных данных при отключении внешнего питающего напряжения;
- Центральный процессор CPU414-4H, включающий в себя также плату памяти RAM для записи управляющей программы, данных и конфигурационных данных контроллера;
- Коммуникационный процессор CP443-1 для подключения системы к сети Industrial Ethernet для организации связи с верхним уровнем системы;
- Два модуля синхронизации работы двух резервированных подсистем;
- Для обеспечения синхронизации работы двух резервированных подсистем модули синхронизации первого и второго CPU соединяются между собой посредством двух оптоволоконных кабелей;

2) Устройство децентрализованной периферии ET200M, каждое из которых включает в себя:

- Носитель модулей (корзина) для установки модулей;
- Два интеллектуальных интерфейсных модуля IM153-2, выполняющие конфигурирование, диагностику, чтение и первичное преобразование данных с сигнальных моду-

лей, установленных в данной корзине. Помимо этого, IM153-2 организует обмен данными с CPU 414-4H.

- Сигнальные модули (дискретные и аналоговые);
- Шинные модули (по одному на каждые два интерфейсных или сигнальных модуля), обеспечивающие горячую замену модулей.

На рисунке 2 показан внешний вид резервированного контроллера S7-400H с одной корзиной децентрализованной периферии ET200M.

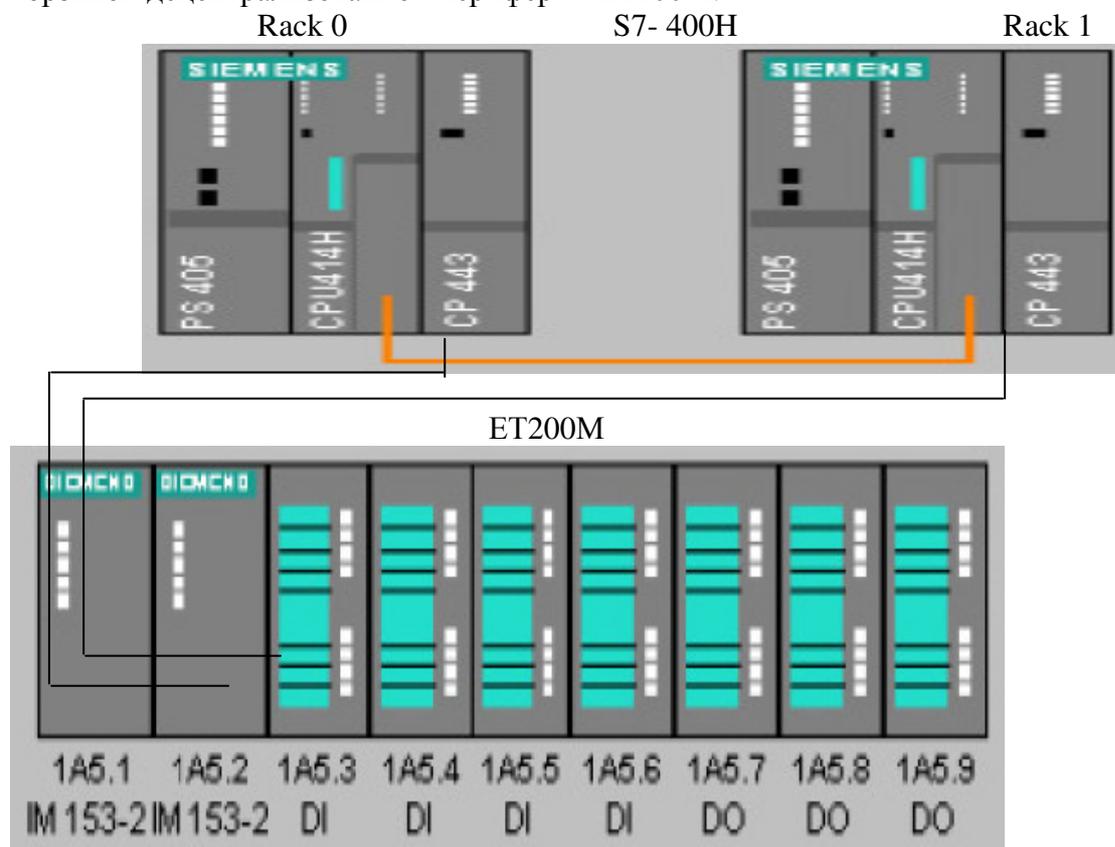


Рис. 2. Внешний вид резервированного контроллера S7-400H с одной корзиной децентрализованной периферии ET200M

В резервированном контроллере оба CPU находятся в горячем резерве, т.е. оба CPU одновременно синхронно обрабатывают полностью идентичные управляющие программы. CPU, который был запущен первым, считается основным, другой CPU – резервным.

При неисправности блока питания или основного CPU программу продолжает обрабатывать резервный, который теперь становится основным. Если затем вновь включить выключенный CPU, то теперь уже он будет резервным.

Переключаемая децентрализованная периферия ET200M работает следующим образом. Один модуль IM153-2 подключается к CPU0, другой – к CPU1. При отказе одного из IM153-2 или PROFIBUS-кабеля работа продолжается через второй модуль IM153-2, при условии, что CPU, к которому подключен данный модуль IM153-2, исправен и работает.

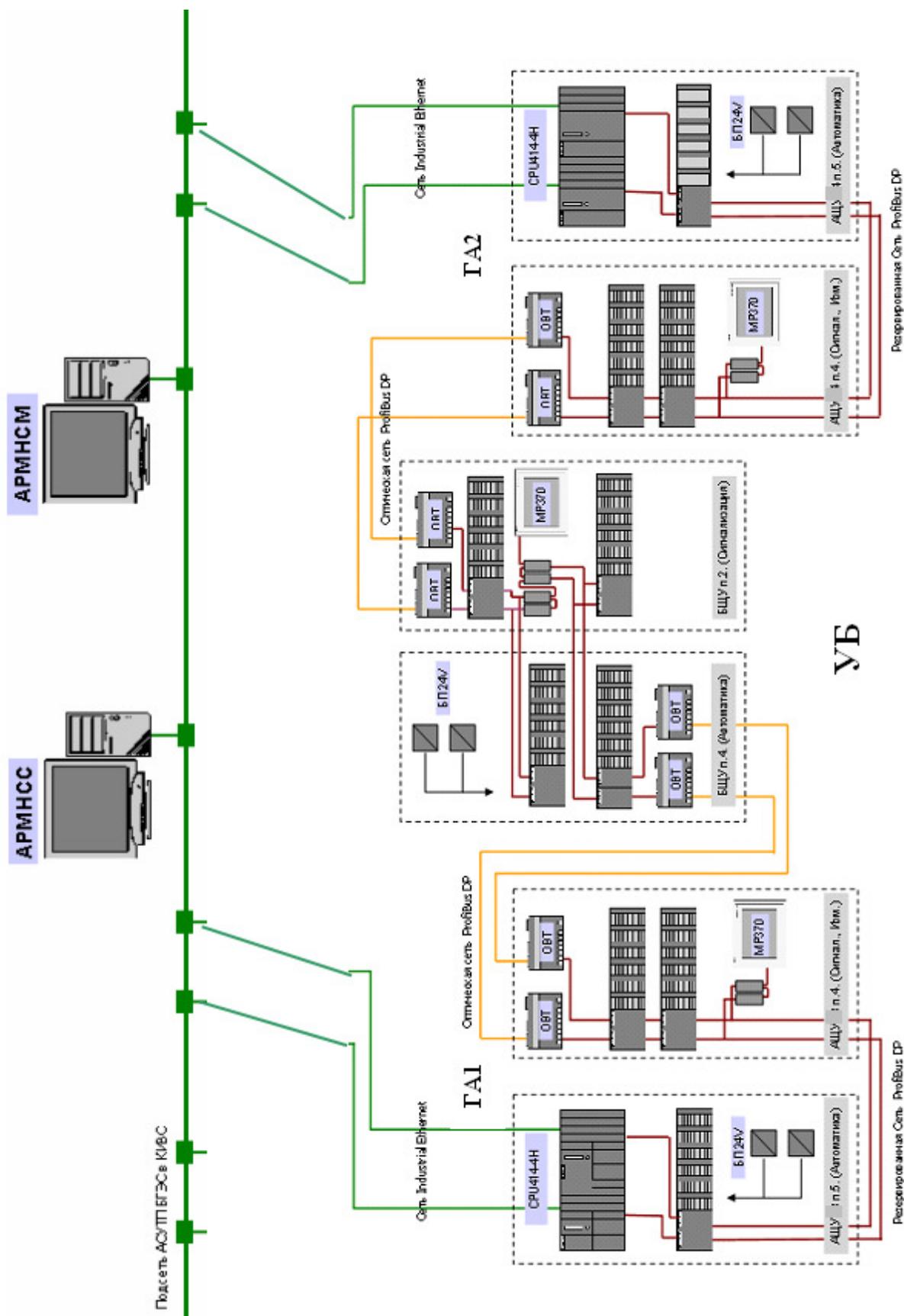


Рис. 3. Структура системы управления

Модернизация автоматизированной системы управления и сигнализации укрупненного блока УБ-2 Братской ГЭС позволила:

- расширить функции автоматического и автоматизированного контроля и управления;
- повысить надежность функционирования системы противоаварийной защиты;
- упростить работу операторов;
- улучшить контроль над работой операторов;
- заменить морально устаревшее оборудование существующей АСУТП.

М.В. Сюстин

Братский государственный университет

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Основываясь на разработанных различных подходах и методах по поддержке человека в принятии им решений, можно выделить свойства, которыми должна обладать система поддержки принятия решений (СППР):

1. улучшение эффективности процесса принятия решений;
2. простота в использовании и понятность для лица, принимающего решение (ЛПР), не имеющего специальной подготовки;
3. эффективность при работе со слабоструктурированными и неструктурированными данными;
4. способность решать три основные задачи: упорядочение альтернатив, распределение альтернатив по классам решений, выделение наилучшей альтернативы;
5. возможность адаптации для группового и индивидуального использования;
6. поддержка трёх фаз процесса принятия решения: поиск информации и постановка задачи, построение множества потенциальных вариантов решения задачи, выбор лучшего варианта;
7. возможность эволюционировать и легко адаптироваться к изменяющимся требованиям – универсальность.

На сегодняшний день нельзя сказать, что исследователям в области принятия решений действительно удалось достичь поставленных задач. Конечно, многие существующие СППР зарекомендовали себя как эффективное средство в принятии решений, но в основном эти СППР были разработаны под строго определённую задачу некоторой области деятельности человека и потому не дают такого же эффекта при попытке использовать их в других областях.

В чём же заключаются проблемы не позволяющие создать по-настоящему действенную систему, которая удовлетворяла бы всем условиям? Естественно, это связано и с большими техническими трудностями и требует не малых финансовых затрат, но главное – до сих пор не удалось придумать алгоритм, позволяющий выявить однозначно лучшее решение. Так в чём же всё-таки проблема? Чтобы ответить на этот вопрос необходимо проанализировать поведение самого человека в процессе решения задачи выбора и те подходы, которые предлагают исследователи теории принятия решений.

По поводу того, как люди ведут себя в процессе принятия решений, было проведено достаточно много экспериментов.

Было выявлено, что процессы принятия решений происходят в кратковременной памяти человека, пропускная способность которой ограничена числом 7 ± 2 бинарных единиц, это означает, что человек неплохо может оперировать с 7 ± 2 единицами информации, в качестве которых могут выступать отдельные числа, буквы, слова, фразы, некоторые отдельные образы. Если же это число превышает, у человека начинаются существенные трудности.

Наличие многих критериев приводит к большой нагрузке на кратковременную па-

мать, заставляя человека использовать различные упрощения и эвристики для того, чтобы решить задачу. В некоторых случаях человек может справиться и с такими проблемами. Особенно преуспевают в этом люди, всю жизнь изучающие объекты, которые сравнительно мало меняются. Такие люди в итоге становятся прекрасными экспертами, способными быстро и почти безошибочно принимать решения. Но эксперт силён только при решении однотипных задач, если же попадается новая, не встречавшаяся ранее ситуация, либо новая обстановка, в которой надо решать прежнюю проблему, эвристики и интуиции ЛПР, оказывается недостаточно для разумного выбора. В большинстве случаев при столкновении с подобной проблемой, когда надо выбрать лучшую из множества альтернатив, человек, поэтапно вырабатывает решающее правило. Путём попарного сравнения всех (либо части) альтернатив ЛПР стремится создать доминантную структуру – найти альтернативу, которая:

- лучше каждой из прочих хотя бы по одному критерию;
- ее недостатки менее существенны, чем недостатки сравниваемых с ней альтернатив.

Т.е. в соответствии с теорией поиска доминантной структуры ЛПР в процессе принятия решений охватывает взглядом все имеющиеся альтернативы и выбирает ту, которая по первому впечатлению может оказаться доминирующей. Затем он попарно сравнивает с выбранной прочие альтернативы. Если при этих сравнениях выбранная альтернатива оказалась лучшей, то доминантная структура построена, и ЛПР может объяснить свой выбор. Если при каком-либо из сравнений какая-то иная альтернатива окажется лучшей, то уже она рассматривается как потенциально доминирующая и с ней сравниваются все прочие.

Примерно таким является алгоритм, применяемый человеком при решении задачи выбора. Что же предлагают современные исследователи, чтобы помочь человеку в его выборе?

Одним из первых и достаточно распространенным является *экономико-математический подход*. Экономисты одними из первых начали исследовать то, что теперь называется *теорией принятия решений*.

Одним из оснований экономической теории служит положение о рациональности человеческого выбора. Говоря о рациональном выборе, предполагают, что решение человека – это результат упорядоченного процесса мышления.

Вводится ряд формальных утверждений о поведении человека, которые называются *аксиомами* рационального поведения. В предположении, что эти аксиомы справедливы, доказывают теорему о существовании *функции полезности*. Полезностью называют величину, которую в процессе выбора личность с рациональным экономическим мышлением максимизирует. Можно сказать, что полезность – это воображаемая мера психологической ценности различных благ. Человек как бы взвешивает различные альтернативы и выбирает ту из них, полезность которой больше. Подобные подходы к решению многокритериальных задач, с помощью аксиом и функции полезности исследуются в *теории полезности*.

С одной стороны методы теории полезности имеют строгое математическое обоснование, их удобно выражать математически, а значит, они хорошо поддаются программированию, но в то же время применение аксиоматических методов требует проверки выполнения аксиом. Часто такая проверка оказывается большой самостоятельной задачей, а построение функции полезности требует огромных затрат времени ЛПР, и оправдано лишь при наличии значительного количества альтернатив. Кроме того применение теории полезности выявило, что люди часто ведут себя «нерационально», что привело к *парадоксам* – отклонению от «рационального» поведения.

Другим подходом к решению многокритериальных задач являются *эвристические методы* – нормативные методы принятия решений.

Для многих подобных методов общим является использование *метода взвешенных сумм оценок критериев*. Этот простой метод заключается в следующем.

Тем или иным способом для каждого из критериев определяется коэффициент важности, а также, в количественном виде, полезность оценок по отдельным критериям. Для каждой альтернативы подсчитывается полезность как сумма произведений коэффициентов важности критериев на полезности оценок альтернативы по критериям.

Примером широко известного эвристического многокритериального метода служит *метод аналитической иерархии*. В этом методе используется попарное сравнение критериев для определения их относительной важности. Результаты сравнения в виде количественных показателей важности заносятся в матрицы, из которых определяются коэффициенты важности критериев. Также попарно сравниваются альтернативы по каждому критерию для определения коэффициентов важности каждой альтернативы по каждому критерию. Далее используется метод взвешенных сумм: коэффициенты важности критериев умножаются на коэффициенты важности оценок альтернатив по критериям и суммируются — так определяется общая полезность альтернативы. Альтернатива с наибольшей полезностью объявляется лучшей.

В данных методах ЛПР приходится указывать в качественном виде, насколько важность одного критерия больше, чем другого. Такая операция очень сложна для человека, так как обычно ему трудно определить насколько тот или иной критерий для него важнее. В результате, нельзя сказать, что выявленные коэффициенты важности действительно правильно отражают предпочтения ЛПР, а значит не факт, что полученное решение будет однозначно лучшим.

Так же надо добавить, что СППР, разработанные на основе, как экономико-математического подхода, так и эвристических методов отличаются от человеческого механизма переработки информации, они требуют от ЛПР некоторых специальных знаний и очень часто присутствия специалиста по данной СППР, что вполне может оказаться неприемлемым для самого ЛПР.

Третьим подходом к решению многокритериальных задач является *вербальный анализ решений*.

К методам данного подхода предъявляются следующие требования:

- естественный язык описания проблемы, используемый ЛПР и его окружением, должен сохраняться на всех этапах ее анализа без каких-либо преобразований в числа;
- способы получения информации от людей должны соответствовать возможностям человеческой системы переработки информации;
- логические операции преобразования словесных переменных (оценок альтернатив по критериям) должны быть математически корректны. Они определяют тот или иной вид решающего правила;
- в методах принятия решений должны быть предусмотрены средства проверки информации на непротиворечивость. Кроме того, необходимы методы поиска противоречий в информации, получаемой от ЛПР, и исключения этих противоречий.

Все процедуры получения информации от ЛПР психологически обоснованы. Все преобразования информации имеют математическое обоснование. Учитываются известные черты поведения человека в организациях при принятии решений — возможность поэтапной выработки решающего правила. Методы вербального анализа решений «незаметны» для ЛПР. Фактически это диалог человека с компьютером, в ходе которого он отвечает на ряд вопросов, поставленных на привычном для него языке; он может проверить соответствие рекомендаций своим предпочтениям. Но в отличие от аксиоматических и эвристических подходов, где используются лишь числа, проблемой вербальных методов является то, что их не так-то просто представить в виде программы, с помощью которой можно решить множество различных задач, так как трудно составить набор вопросов, который бы подходил к любой задаче.

Исходя из проведенного краткого анализа основных подходов, разрабатываемых специалистами различных направлений и механизма человеческого мышления можно выделить *несколько проблем*:

– знания о человеческой системе переработки информации не всегда в полной мере учитываются исследователями, что приводит к созданию СППР неудобных для использования;

– многие разрабатываемые методы вместо того чтобы помочь ЛПР в принятии решений, делают выбор за него, сводя его участие лишь к вводу исходных данных;

– при создании СППР необходимо использовать не отдельные методы, а обобщать знания по различным подходам и формировать на их основе новые комплексные методы, сочетающие в себе все накопленные знания.

А.Д. Ульянов

Братский государственный университет

РЕГУЛЯТОР VOITH-SIEMENS НА БРАТСКОЙ ГЭС

С 2007 года на Братской ГЭС идет модернизация систем управления гидроагрегатами с релейных на современные цифровые регуляторы. Это обусловлено многими факторами: повышение качества продукции (поддержание заданных параметров частоты и активной мощности в сети), повышение безопасности производства (исключение причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС) и более быстрое реагирование на внешние воздействия (появление новых потребителей).

После аварии на СШГЭС острым вопросом встало прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций. Причиной этому послужили выводы многих экспертов, что аварию можно было предотвратить, если бы смогли оперативно локализовать и устранить причину аварии. Для этого необходимо следить за целым спектром характеристик турбины: скорость, биение, температуру нагрева рабочего колеса, износ подшипников и т.д.

В связи этим, и по многим другим причинам, возникла необходимость установки современного цифрового регулятора Voith-Siemens.

Техническое обеспечение цифрового турбинного регулятора состоит из программируемого управляющего блока памяти, панели управления для локальной работы и необходимых внешних приборов для получения данных и разделения сигнала или преобразования сигнала. SIMATIC S7-400 (рисунок 1) является универсальным контроллером. Он отвечает самым жестким требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Система автоматизации S7-400 имеет модульную конструкцию. Она может комплектоваться широким спектром модулей, устанавливаемых в монтажных стойках в любом порядке. Установка и замена модулей контроллера может производиться без отключения питания (“горячая замена”).



Рис. 1. Внешний вид контроллера S7-400

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-400 характеризуются следующими показателями:

- Высокое быстродействие. Выполнение логических инструкций за время, не превышающее 80нс.
- Удобные способы настройки параметров. Все модули могут настраиваться с помощью стандартных экранных форм STEP 7.
- Человеко-машинный интерфейс. Функции обслуживания человеко-машинного интерфейса встроены в операционную систему контроллера. Процедуры передачи данных выполняются автономно, с использованием единых обозначений и баз данных.
- Диагностические функции. Встроенная система диагностики непрерывно контролирует состояние системы и фиксирует все ошибки и специфические события (таймаут, замена модулей, холодный перезапуск, останов и т.д.). Диагностическая информация накапливается в кольцевом буфере, что позволяет выполнять ее обработку.
- Защита программного обеспечения. Контроллер обеспечивает парольную защиту от несанкционированного копирования и модификации программ.
- Переключатель режимов работы. Переключение производится ключом. Удаление этого ключа исключает возможность копирования и изменения программ.
- Расширенный набор системных функций, поддерживающих обслуживание коммуникационных задач, задач управления программой и т.д.

Данный регулятор позволяет управлять следующими параметрами: скоростью вращением турбины, открытие управляющего аппарата, нагрузкой без частотного влияния, нагрузкой с частотным влиянием(статизм).

Р.Р. Уразбахтин

Братский государственный университет

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Процесс обеспечения стабильности параметров работы двигателя, путем дозирования подачи топлива в основную камеру сгорания, всегда являлся непростой задачей. Особую сложность представляют режимы запуска и переходные режимы работы двигателя (приемистость и дросселирование) с учетом внешних условий (влияние атмосферных условий и режимов полета летательного аппарата). Ввиду этого для регулирования двигателя применяются системы автоматического управления (САУ) ГТД.

САУ ГТД выполняет следующие основные функции:

- 1) автоматическое управление пуском двигателя с выходом на режим малого газа при всех заданных условиях эксплуатации;
- 2) быстрый и безопасный для двигателя переход на другие режимы работы при управлении двигателем или при резком изменении внешних условий;
- 3) поддержание заданного режима работы двигателя или его изменение в соответствии с программами управления;
- 4) исключение выхода двигателя на опасные режимы работы, на которых недопустимо снижаются запасы прочности деталей или же нарушается устойчивость процессов в компрессоре, камере сгорания, форсажной камере или входном устройстве. При этом регулируются следующие параметры, характеризующие режимы работы двигателя: частота вращения ротора турбокомпрессора, температура газов за камерой сгорания или турбиной, степень повышения давления в компрессоре, степень понижения давления в турбине, скольжение роторов (для многовальных двигателей) и др.

САУ ГТД могут быть классифицированы по таким признакам: по числу контуров управления (одно-, многоконтурные), по виду управляющего воздействия (непрерывные, дискретные), по виду используемой энергии (гидромеханические, пневматические, электрические и комбинированные). По способу объединения различных типов регуляторов. САУ ГТД могут быть:

- гидроэлектронные, в которых все основные функции регулирования производятся с помощью гидромеханических счётно-решающих устройств, и только для выполнения некоторых функций (ограничение температуры газа, частоты вращения ротора турбокомпрессора и др.) используются электронные регуляторы;

- супервизорные, в которых электронные регуляторы используются для коррекции в ограниченной области работы гидромеханических регуляторов, непосредственно воздействующих на исполнительные органы;

- электронно-гидравлические, в которых основные функции регулирования осуществляются с помощью электронных устройств (аналоговых или цифровых), а отдельные функции — с помощью гидромеханических и пневматических регуляторов;

- полностью электронные системы, в которых все функции регулирования выполняются средствами электронной техники, а исполнительные органы могут быть гидромеханическими или пневматическими.

Требуемые для полёта летательного аппарата значения тяги двигателя, надёжная и устойчивая работа силовой установки во всём диапазоне изменения условий эксплуатации обеспечиваются при соответствующем регулировании двигателя, которое осуществляется САУ. Она устанавливает и поддерживает определенные связи между параметрами двигателя (законы регулирования), что позволяет свести задачу управления режимами работы двигателя к изменению только одного параметра — угла установки рычага управления двигателем. Законы регулирования формируются с учётом требований к тяге и удельному расходу топлива, ограничений по прочности, необходимой точности поддержания параметров и других факторов.

Малоразмерные ГТД накладывают особые требования к САУ. Основным требованием является ограничение по массогабаритным параметрам элементов. Гидромеханические САУ предъявляют высокие требования к точности изготовления его элементов (золотники, жиклеры, поршни и др.), ответственные детали выполняются с точностью по 4-му качеству. Поэтому очень затруднительно изготавливать гидромеханические узлы малой размерности, что приведет к снижению точности регулирования и надежности всей системы в целом, при достаточно высоких затратах на производство таких изделий. Поэтому на двигателях с расходом воздуха меньше 0,5 кг/с полностью отсутствуют гидромеханические счётно-решающие устройства и реализованы электронно-гидравлические и полностью электронные схемы управления, так называемый принцип «электрического двигателя» [1].

Кроме этого, на малоразмерных двигателях затруднительно реализовывать привод от ротора к двигательным агрегатам, вследствие малой размерности деталей привода и высокой частоты вращения ротора малоразмерного ТРД. На таких двигателях энергия, для привода агрегатов и питания САУ, отбирается от ротора ТРД посредством электрогенератора, способного работать на высоких частотах вращения (на стадии запуска генератор выполняет функцию стартера) (рис 1.). На двигателях еще более меньшей размерности отбора энергии от ротора двигателя не производят, а питание САУ осуществляют от бортовой аккумуляторной батареи.

Уменьшение размеров проточной части, также требует уменьшение и средств измерения параметров двигателя – приемники полного и статического давления, щупы термомпар. Поэтому в малоразмерных двигателях стараются уменьшить количество точек измерения для снижения влияния измерительных средств на газодинамику проточной части. Можно сделать вывод, что не целесообразно выполнять постоянный контроль полей температур и давлений в сечениях двигателя, требующий большого количества измерительных приспособлений. Положительным моментом малоразмерных двигателей в отличии от больших двигателей, является то, что относительная неравномерность параметров в сечениях двигателя гораздо меньше и изменяется более плавно, что требует меньшего числа точек измерения для контроля поля величин.

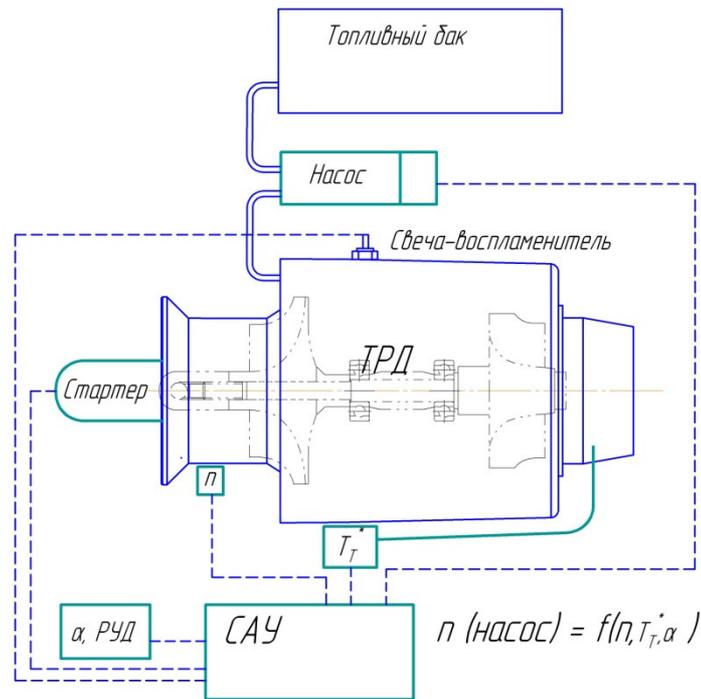


Рис. 1. Типовая схема управления малоразмерным двигателем

Практически все малоразмерные двигатели выполнены по одновальной, одноконтурной схеме с одноступенчатым центробежным компрессором и одноступенчатой центростремительной или осевой газовой турбиной и реактивным сужающимся соплом или свободной турбиной для получения механической мощности. (Исключение составляет двигатель ТРДД-50 ОКБ (главный конструктор Пащенко Виктор Степанович) и ОКБ «Новатор» (главный конструктор Лев Люльев) выполненный по двухконтурной двухвальной схеме с редуцированным приводом для вентилятора и электрогенератора. Двигатель имеет электронно-гидравлическую систему управления.)

Примером полностью электронной САУ может служить САУ для авиамodelьных ТРД. Рассмотрим конструкцию типовой САУ модельного ТРД. На рисунке 2 изображен комплект системы автоматического управления и запуска малоразмерного ТРД разработанного в Испании (Гаспар Эспель (Gaspar Espiell)). На рисунке изображены: 1 – блок управления ТРД; 2- терминал для введения настроек в блок управления и для визуализации измеряемых параметров для тестовых запусков. Постоянное присутствие этого элемента не требуется; 3- бесконтактный датчик частоты вращения на основе датчика Холла; 4 – щуп термопары, термопара типа «К»; 5 – набор проводов для подключения топливного насоса, стартера, свечи накаливания, клапанов для газа и топлива и аккумуляторной батареи. Также блок управления имеет интерфейс RS-232 для соединения с компьютером для настройки параметров управления и контроля, а так же для просмотра и записи измеряемых параметров в реальном времени.

При превышении предельных параметров САУ прекращает подачу топлива в камеру сгорания

В ходе длительной эксплуатации ТРД с такой САУ в некоторых случаях было недостаточно одной точки измерения температуры газа за турбиной и термопара, установленная в «холодной» зоне, в области форсунки с низкой производительностью (засорившаяся форсунка), давала неверные значения температуры газа, что приводило к обгоранию периферийных кромок лопаток рабочего колеса. Можно заметить, что контроль одноконтурного одновального двигателя с достаточной величиной надежности можно осуществлять по двум параметра: частота вращения и температура газа за турбиной с измерением в нескольких точках, без поправок на температуру окружающего воздуха и атмосферное давление.

Можно с уверенностью сказать, что дальнейшее развитие САУ будет идти по пути усложнения обработки информации с первичных датчиков, путем использование модели двигателя, чему способствует рос вычислительных возможностей микроконтроллеров.

Е.В. Петрова, К.М. Садыкова
Научный руководитель - О.В. Усатюк

Братский государственный университет

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Статья, переведенная нами, является историческим обзором развития такой отрасли как телекоммуникации и носит образовательный характер. Источником данной статьи послужил Интернет-ресурс en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication.

Телекоммуникация - это связь при помощи электронного оборудования такого, как телефоны, компьютерные модемы, спутники и волоконно-оптические кабели. Этапы развития телекоммуникационных технологий можно определить следующим образом:

- телеграфные и телефонные сети (докомпьютерная эпоха);
- передача данных между отдельными абонентами по выделенным и коммутируемым каналам с использованием модемов;
- сети передачи данных с коммутацией пакетов: дейтаграммные или использующие виртуальные соединения;
- локальные вычислительные сети (наиболее распространенные — Ethernet, Token Ring);
- цифровые сети интегрального обслуживания (ISDN) — узкополосные, а затем широкополосные;
- высокоскоростные локальные сети — Fast Ethernet, FDDI, FDDI II (развитие FDDI для синхронной передачи речевой и видеоинформации);
- высокоскоростные распределенные сети Frame Relay, SMDS, ATM;
- информационные супермагистралы.

Потребности человечества в общении еще в доисторические времена привели к появлению прототипа современных телекоммуникаций – сигнальных средств связи, каналами которых являлся звук и свет. Однако эти каналы не обеспечивали передачи даже минимальной информации на значительные расстояния. Именно поэтому даже в средние века основным средством доставки информации были специально выделенные люди-гонцы, глашатаи, а затем голубиная и семафорная связь.

Исследования Гильберта, Герике, Дюфе, Эйлера, Максвелла и других привели к открытию магнетизма и электричества, что и предопределило новую эру в общении людей. Эта эпоха связана с развитием электронных средств передачи (приема) информации.

Благодаря научным разработкам Виклера, Лесажу и Эрстеда и других мыслителей российский ученый П. Л. Шиллинг в 1833 году изобрел первый стрелочный телеграфный аппарат, усовершенствованный затем Морзе. Этим аппаратом человечество пользовалось практически вплоть до XX века.

Основываясь на трудах Пейджа, Рейса и преодолев непонимание чиновников, преподаватель школы глухонемых Александр Белл не только изобрел в 1876 году телефонный аппарат, но и внедрил в повседневную жизнь телефонную проводную связь, которая является универсальным и общедоступным средством общения современного человека. Этот телефонный аппарат усовершенствовал российский ученый П. М. Голубицкий. Однако проводная связь требовала больших материальных затрат для формирования среды распространения информационного сигнала, что затрудняло ее использование на больших расстояниях. Задача передачи информации на большие расстояния методом беспроводной связи впервые была решена российским ученым А. С. Поповым в 1895 году.

Таким образом, если с доисторических времен до XVIII века человечество пользовалось только естественными средствами связи, использующими голос и зрение, то лишь только в течение XIX века – века научно-технической революции, элементом которой

стало открытие электромагнитных волн – оно получило опыт передачи информации на значительные расстояния с помощью технических средств.

Научившись передавать телеграфные и телефонные сообщения, как по проводам, так и по радио и оценив все их преимущества, человечество задумалось о создании средств массовой информации. Такими средствами являлись радиовещание и телевидение. Если с радиовещанием после изобретения А. С. Попова проблем не возникало, то телевидение требовало новых прорывов. Эта проблема была решена в 1907 году российским ученым Б. Л. Розингом и его учеником В. К. Зворыкиным, которые не только изобрели, но и внедрились приемопередающую аппаратуру телевидения.

Опыт использования технических средств связи, изобретенных в начале XX века показал не только преимущества систем, основанных на излучении электромагнитных волн, но и определил основные направления их совершенствования. Такими направлениями явились не только необходимость расширения диапазона волн, но и создания элементной базы. Исследования в области распространения радиоволн привели к появлению новых способов организации не только связи, например, мобильный телефон, но и методов передачи информации. Результатом активной работы в течение одного века стали новые широкополосные проводные и беспроводные системы, обеспечивающие возможность передачи (приема) больших объемов информации на значительные расстояния. Появились наряду с проводными кабельными и радиосредствами новые: радиорелейные, тропосферные, спутниковые и оптико–волоконные средства связи. Совершенствование вычислительной техники привело не только к изобретению компьютерной техники, но появлению нового принципа организации связи – Интернет и мобильной беспроводной телефонной связи. Все это позволило к концу XX века начать проектирование широкополосных мультисервисных сетей, главной задачей которых является уже не передача (прием) информации, а обеспечение всеобщей доступности населения к мировым информационным ресурсам.

В течение XX века были созданы все предпосылки к повышению качества жизни населения планеты на основе широкого внедрения информационно-телекоммуникационных систем, позволивших сформировать единое международное информационное пространство.

Таким образом, к началу XXI века историческая мечта человечества о доступном и свободном общении не только теоретически, но и практически решена путем создания сети фиксированного и мобильного Интернета, являющегося аналогом ноополя Земли.

Несколько лет назад передача данных с помощью компьютеров интересовала только специалистов и опытных пользователей. В настоящее время использование локальных и глобальных компьютерных сетей становится столь же рутинным и распространенным, как и ПК. Если вам необходима электронная почта, использование информационных ресурсов Internet и других интерактивных коммерческих информационных служб, например, CompuServe, удаленное соединение домашнего ПК с локальной сетью на работе, пересылка файлов в другой город, то добро пожаловать в мир компьютерной передачи данных. В настоящее время использование компьютерных коммуникаций не требует специальных знаний — даже пятилетний малыш может «путешествовать» по Всемирной паутине (World Wide Web) до того, как научится ездить на велосипеде. Что обусловило бурный рост компьютерных коммуникаций? В основном два фактора — упрощение использования средств передачи данных с помощью компьютера и наличие огромных информационных ресурсов в глобальных сетях. Многие деловые люди и организации обнаружили, что они должны использовать в своей деятельности компьютерные коммуникации (электронную почту, интерактивные информационные службы и т.д.) не только для своих сотрудников, но и для широкого круга потребителей своей продукции через электронные доски объявлений (BBS — Bulletin Board System), телеконференции интерактивных информационных служб или через узлы Всемирной Паутины Internet. Объем и способы информирования потребителей с помощью средств компьютерных коммуникаций коренным образом

изменились за последние год — два. Если раньше эта информация в основном предназначалась для специалистов, то теперь она рассчитана на самую широкую аудиторию.

Работая над переводом этой статьи, мы открыли для себя много нового, о чем раньше не имели представления. Данная статья показалась нам, студентам, очень интересной и познавательной и полезной.

А.В. Хлытиков

Братский государственный университет

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ ТИПА КЭВ-0.4

Электрические котлы типа КЭВ-0.4 предназначены для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений как в закрытых, так и в открытых системах теплоснабжения, на строительных площадках, промышленных, бытовых и сельскохозяйственных объектах, где требуется горячая вода. Упрощённо они представляют собой металлический сосуд, внутри которого на определенном расстоянии располагаются электроды. Нагрев воды осуществляется путём пропускания сквозь неё электрического тока напряжением 0.4 кВ. Регулирование мощности осуществляется путём изменения расстояния между электродами с помощью электропривода (рис. 1).

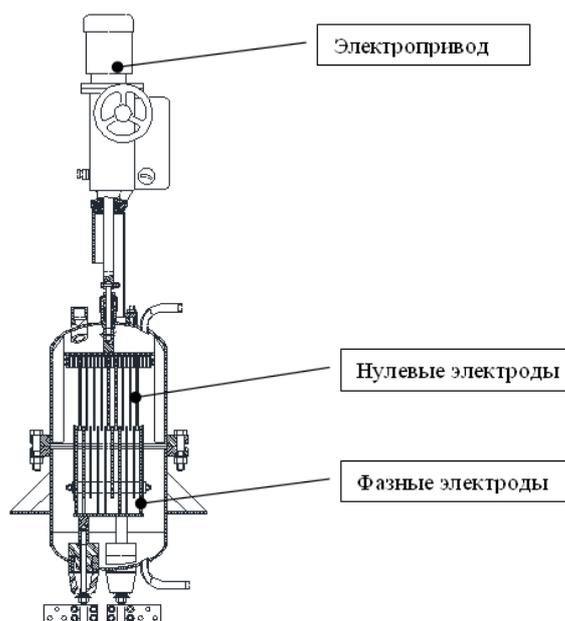


Рис. 1. Котёл КЭВ-63/0.4 – общий вид

В дальнейшем система управления будет рассматриваться применительно к электрокотлу КЭВ-63/0.4 мощностью 63 кВт производства ОАО «ЗСТЭМИ-2».

Для корректного функционирования котла требуется отслеживать следующие параметры:

- температура воды внутри котла;
- давление в системе отопления;
- величины токов, протекающих в каждой из фаз;
- работоспособность насосов, обеспечивающих циркуляцию воды.

Требуемая температура воды на выходе из котла (уставка) будет задаваться оператором котельной с помощью регулятора.

Температура воды измеряется датчиком типа ДТС-035, пороговые значения давления отслеживаются с помощью контактов электроконтактного манометра ДМ2005сг.

Для измерения токов в фазах используются трансформаторы тока с выходным сигналом 0-5А.

Работоспособность насосов отслеживается по состоянию специального контакта пускателя насосов.

Для регулирования используются 2 исполнительных механизма – электропривод (управление мощностью) и контактор (включение/отключение котла). В составе электропривода имеются концевые выключатели, сигнализирующее о достижении крайних положений.

Возможные управляющие воздействия:

- поднятие нулевых электродов – для увеличения мощности;
- опускание нулевых электродов – для снижения мощности;
- отключение контактора питания котла – при выходе давления за допустимые пределы, при перегреве, при перегрузке по току, при остановке насосов.

Таким образом, схему управления можно представить в следующем виде (рис. 2):



Рис. 2. Схема управления электродом

В простейшем случае, данную схему возможно реализовать с использованием релейных схем, аналоговых измерительных приборов и отдельного регулятора температуры. Однако в настоящее время актуальна интеграция со SCADA-системами, для чего требуется цифровая обработка входных сигналов и их передача. Для решения подобной задачи целесообразно использовать программируемый логический контроллер (ПЛК).

ПЛК - электронная составляющая промышленного контроллера, специализированного (компьютеризированного) устройства, используемого для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима длительной работы ПЛК, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, выступает его автономное использование, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека. ПЛК обладает широкими возможностями по сбору, обработке, накоплению и передаче информации, а также по управлению исполнительными механизмами. С помощью дополнительных модулей возможно подключение ПЛК к промышленным сетям стандартов RS-485, Ethernet, а также непосредственно к диспетчерскому ПК по интерфейсам RS-232, USB. Для поддержания связи с удалёнными объектами существуют модули GSM/GPRS. Важным преимуществом также является возможность удалённой настройки и программирования (в т.ч. через Интернет) без необходимости выезда на объект.

Наиболее известными мировыми производителями ПЛК являются Siemens, Omron, Mitsubishi, Schneider Electric и др. В России широко используются контроллеры отечественной фирмы ОВЕН, обладающие сопоставимыми с конкурентами возможностями, но при этом имеющие более низкую цену. Для них также доступна русскоязычная техническая поддержка и подробная документация. Программируются контроллеры ОВЕН ПЛК с помощью профессиональной среды CoDeSys, разработанной немецкой компанией 3S-Software.

Для решения выбранной задачи автоматизации оптимально использование ОВЕН ПЛК73. Отличительные особенности данного контроллера:

- 8 аналоговых, 8 цифровых входов;
- 8 выходов с выбираемым при заказе типом;
- двухстрочный знакосинтезирующий дисплей;
- 9 программируемых кнопок на передней панели;
- встроенные интерфейсы RS-485, RS-232;
- встроенные часы реального времени;
- библиотека функциональных блоков:
 - разработки ОВЕН: ПИД-регулятор с автонастройкой, блок управления 3-х позиционными задвижками и др.;
 - стандартные библиотеки CoDeSys.

Для измерения с помощью ПЛК токов требуется совместное использование трансформаторов тока и преобразователей сигнала 0-5А в сигнал 4-20 мА, обрабатываемый АЦП контроллера.

Датчик температуры, а также сухие контакты манометра и концевых выключателей электропривода подключаются к ПЛК напрямую.

Управление электроприводом осуществляется с помощью промежуточных реле и контакторов по реверсивной схеме.

Включение котла осуществляется путём подачи сигнала на контактор с помощью встроенного в ПЛК реле.

Индикаторные лампы «Котёл включен», «Авария», «Подъём экранов», «Опускание экранов» подключаются к дискретным выходам контроллера.

Связь с ОРС-сервером системы SCADA будет осуществляться по интерфейсу RS-485.

Для решения данной задачи автоматизации с использованием контроллера ОВЕН ПЛК73 в среде программирования CoDeSys 2.3 на языке ST была разработана управляющая программа, блок-схема которой показана на рис. 3.

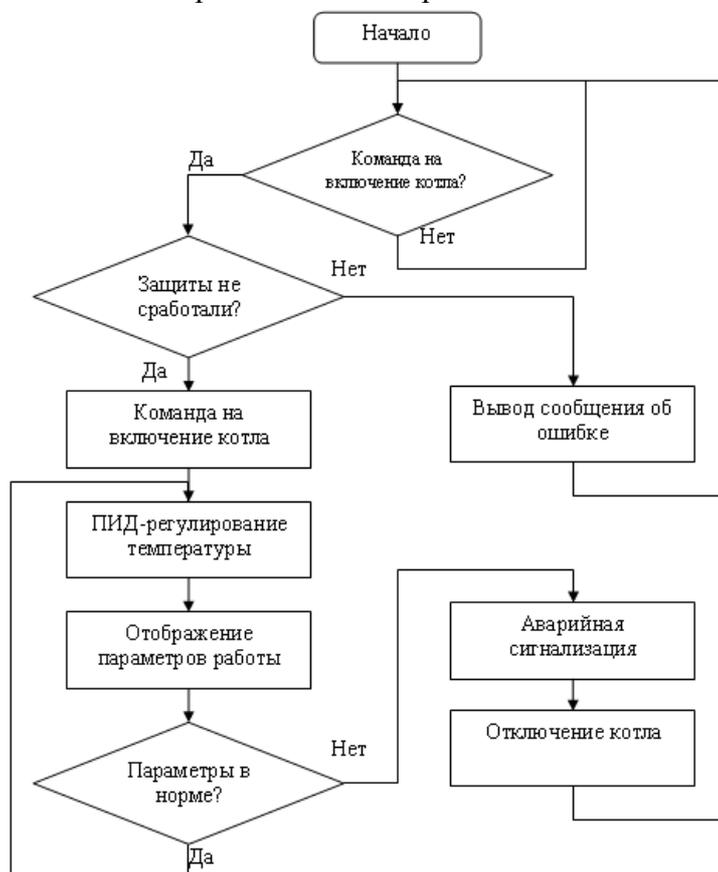


Рис. 3. Блок-схема управляющей программы

Таким образом, предложена схема управления электрическим котлом КЭВ-0.4 кВ с использованием программируемого логического контроллера. Благодаря использованию данной схемы появляется возможность централизованного контроля параметров функционирования одного котла или группы котлов в составе котельной с помощью системы SCADA. Применение ПЛК позволяет осуществлять регулирование в нескольких режимах, благодаря чему возможна экономия электроэнергии. Наличие единого устройства по сбору и обработке параметров позволяет проводить диагностику котла в автоматическом режиме.

Н.С. Акимов, С.Ю. Хорев

Братский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ (АСР)

В последнее время в сфере технического контроля, распознавания и управления идет активное развитие и внедрение аналитической технологии нового типа. В их основе лежат алгоритмы искусственного интеллекта, имитирующие природные процессы, такие как деятельность нейронов мозга, а также генетические процессы естественного отбора в живой природе. Все большее распространение в прикладных задачах находят искусственные нейронные сети (ИНС).

В сфере автоматизированного управления ИНС находят применение в задачах идентификации объектов, в алгоритмах прогнозирования и диагностики, а также для синтеза оптимальных автоматических систем регулирования (АСР). Для реализации АСР на основе ИНС в настоящее время интенсивно развивается производство нейрочипов (НЧ) и нейроконтроллеров (НК).

В определенном смысле ИНС является имитатором мозга, обладающего способностью к обучению и ориентации в условиях неопределенности. Она сходна с мозгом в двух аспектах. Сеть приобретает знания в процессе обучения, а для сохранения знаний использует значения коэффициентов межнейронных связей, называемых синаптическими весами.

Процедура обучения ИНС состоит в идентификации синаптических весов, обеспечивающих ей необходимые преобразующие свойства. Особенностью ИНС является её способность к модификации параметров и структуры в процессе обучения.

Для исследования была выбрана простейшая искусственная сеть с одним выходом и с одним внутренним скрытым слоем. На рис. 1 показана структурная схема системы регулирования, в которой регулирующим устройством является нейроконтроллер (НК). Для приближения к реальным условиям работы с исполнительным механизмом постоянной скорости выходным сигналом нейроконтроллера принято приращение положения регулирующего органа на каждом шаге решения $\mu'(t)$. Для принятого выходного сигнала $\mu'(t)$ сигналами на входе НК в общем случае являются основная и вспомогательная переменные $y(t)$ и $z(t)$, а также их первые и вторые производные, соответственно, $y'(t)$, $z'(t)$, $y''(t)$, $z''(t)$.

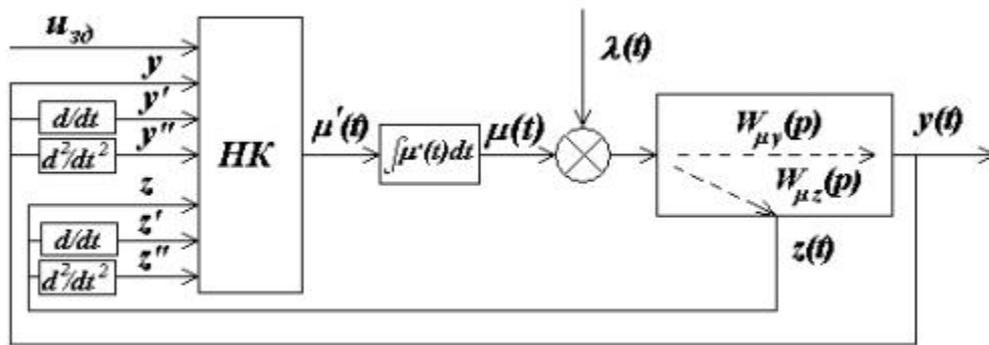


Рис. 1. Структурная схема системы регулирования с нейроконтроллером

Нейроконтроллер реализован в виде простейшей двухслойной ИНС, состоящей из трех нейронов H_1 , H_2 и H_3 . Структурная схема сети представлена на рис. 2.

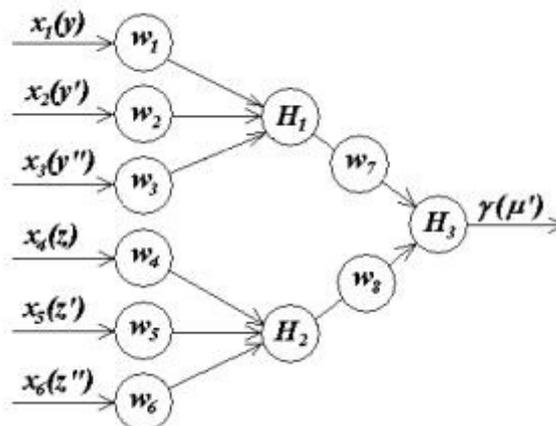


Рис. 2. Структурная схема ИНС нейроконтроллера

Ниже приведены аналитические выражения функций преобразования сигналов в ИНС.

Первый слой:

первый нейрон H_1

$$\gamma_1 = \varphi_1(s_1), \text{ где } s_1 = \sum_{i=1}^3 w_i \cdot x_i + b_1,$$

второй нейрон H_2

$$\gamma_2 = \varphi_2(s_2), \text{ где } s_2 = \sum_{i=1}^6 w_i \cdot x_i + b_2,$$

Второй слой:

третий нейрон H_3

$$\gamma_3 = \varphi_3(s_3), \text{ где } s_3 = w_7 \cdot \gamma_1 + w_8 \cdot \gamma_2 + b_3.$$

Анализ и синтез АСР с нейроконтроллером.

Численный анализ АСР с нейроконтроллером проводился на имитационной модели. Рассматривались варианты реализации одноконтурной АСР с двумя входами $y(t)$, $y'(t)$ и тремя $y(t)$, $y'(t)$ и $y''(t)$, а также АСР с нейроконтроллером, имеющим полный набор входов по основной и вспомогательной переменным, показанным на рис.1. Рассчитаны также два частных случая, соответственно, с входами нейроконтроллера $y(t)$, $y'(t)$, $z(t)$ и $y(t)$, $y'(t)$, $z'(t)$, $z''(t)$.

Для объекта регулирования (рис.1) выражения для передаточных функций $W_{\mu y}(p)$ и $W_{\mu z}(p)$ представлены в виде:

$$W_{\mu y}(p) = 0,08 \cdot \frac{e^{-23p}}{(54,7 \cdot p + 1) \cdot (9,1 \cdot p + 1)},$$

$$W_{\mu z}(p) = 0,1 \cdot \frac{e^{-10p}}{(48,9 \cdot p + 1) \cdot (11,5 \cdot p + 1)}$$

Настройка синаптических весов ИНС $W(w_1, w_2, \dots, w_n)$ выполнялась методом самообучения с целью достижения минимума интегрального по модулю критерия качества с

ограничением на заданный запас устойчивости ($\varphi_{зд} = 0,9$) для ступенчатого воздействия по каналу регулирующего органа $\lambda(t)$.

Оптимальные значения синаптических весов определялись с помощью алгоритма деформируемого многогранника Нелдера-Мида в полуавтоматическом режиме. Из априори заданных начальных точек находились локальные минимумы. Из множества найденных оптимальных решений выбиралось наилучшее. Окончательно принятые значения синаптических весов ИНС для различных режимов работы нейроконтроллера сведены в табл. 1.

В табл. 2 приведены характеристики качества работы АСР с нейроконтроллером. Там же, для сравнения, приведены значения настроечных параметров и характеристики качества работы АСР с линейными ПИ и ПИД регуляторами, настроенными аналитическим методом (АМ) на заданную степень колебательности ($m_{зд}=0,366$). Качество работы АСР с нейроконтроллером, использующим информацию о вспомогательной переменной, сравнивалось с двухконтурной АСР с ПИ-регулятором и дифференциатором, настроенными известными аналитическими методами (АМ).

Таблица 1

Синаптические веса ИНС для различных режимов работы нейроконтроллера

№ п/п	Режим работы НК	Синаптические веса							
		w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8
1	Входы $y(t), y'(t)$	-0,200	-237,4	-	-	-	-	-0,0837	-
2	Входы $y(t), y'(t), y''(t)$	0,601	520,7	1666581	-	-	-	0,071	-
3	Входы $y(t), y'(t), y''(t), z(t), z'(t), z''(t)$	-0,758	-323,3	-11,074	-0,0108	346,59	83048	0,254	-0,252
4	Входы $y(t), y'(t), z(t), z'(t)$	-0,0196	-126,93	-	0,139	162,60	-	0,353	-0,449
5	Входы $y(t), y'(t), z'(t), z''(t)$	-1,992	-522,84	-	-	-80,708	-17638	0,095	1,098

Таблица 2

Характеристики качества работы АСР с нейроконтроллером

Алгоритм регулирования	Метод настройки	Параметры регулирующего устройства					Показатели качества работы АСР		
		Регулятор			Дифференциатор		L_m	L_n	φ
		k_p^p	k_n^p	k_d^p	k_d	T_d			
ПИ	АМ	15,28	0,386	-	-	-	3,997	2,585	0,920
НК1	АДМ	Синаптические веса из первой строки табл.1					3,221	2,986	0,900
ПИД	АМ	32,87	0,820	329,3	-	-	2,026	1,220	0,904
НК2	АДМ	Синаптические веса из второй строки табл.1					1,460	1,172	0,900
ПИ иф	АМ	31,45	1,000	-	3,510	3,000	1,498	1,001	0,908
НК3	АДМ	Синаптические веса из третьей строки табл.1					0,297	0,264	0,900
НК4	АДМ	Синаптические веса из четвертой строки табл.1					0,735	0,587	0,900
НК5	АДМ	Синаптические веса из пятой строки табл.1					0,300	0,265	0,900

Переходные процессы в рассмотренных выше АСР при единичном ступенчатом возмущении по каналу регулирующего органа с настроечными параметрами и показателями качества работы, в соответствии с табл. 1, 2, представлены на рис. 2 а, б.

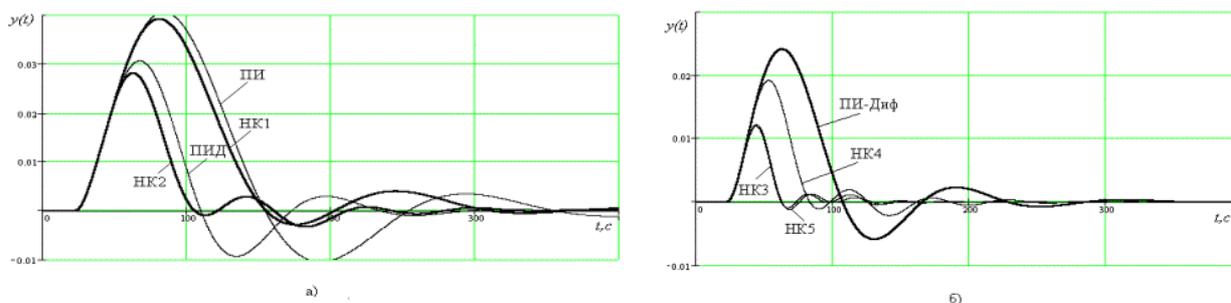


Рис. 3. Переходные процессы

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы о перспективности использования нейросетевых технологий для синтеза оптимальных АСР.

А.С. Гольцов, Е.Ю. Абраменкова

Волжский политехнический институт (филиал)

ОРГАНИЗАЦИЯ И СТРУКТУРА СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Особенностью химических производств является то, что требуется с высокой точностью и быстродействием определять и поддерживать основные параметры процессов. В первую очередь это обусловлено влиянием результатов химических процессов на здоровье людей и загрязнение окружающей среды.

Например, при производстве сероуглерода в атмосферу попадает большое количество ядовитых веществ.

Но при этом очень часто невозможно напрямую в режиме реального времени измерить и проконтролировать все показатели химических производств. Это связано с большими объемами производства и сложностью определения показателей производства.

Например, при плавке карбида кремния размер кристаллов, а, следовательно, качество плавки можно определить только после завершения плавки полностью.

Поэтому целесообразно использовать следящие системы с адаптивным управлением. В таких системах неизмеренные показатели получают в процессе косвенных измерений и вычислений в режиме реального времени. Использование такого приема в системах управления называют виртуальными датчиками.

При этом в каждом конкретном случае вырабатывается своя методика построения такого датчика и следящей системы управления в целом.

Внедрение следящих систем позволяет решить проблемы быстрого и точного определения всех показателей химических производств.

В общем случае, следящими системами называются такие системы автоматического управления, которые на выходе воспроизводят задаваемую на выходе величину, изменяющуюся во времени.

Следящую систему можно рассматривать как систему, внутри которой от элемента к элементу осуществляется передача сигналов. Сами же элементы системы, возможно, трактовать как преобразователи сигналов.

Таким образом, тип сигналов определяет, с одной стороны, принципы действия и конструкцию элементов, формирующих и преобразующих сигналы, и, с другой стороны, – методы математического описания самого процесса передачи и преобразования сигналов в системе.

Точность и быстродействие следящей системы обеспечивается алгоритмом выработки управляющего сигнала, воздействующего на исполнительный механизм. Во всех случаях управляющий сигнал является функцией рассогласования, которая для следящей системы равна ошибке воспроизведения заданной величины.

Главной особенностью следящих систем является то, что задание на слежение изменяется по произвольному заранее не известному закону.

В процессе работы следящей системы происходит слежение за входной величиной независимо от нагрузки и получение требуемых динамических характеристик системы управления.

Таким образом, следящая система предназначена для наиболее точного поддержания равенства двух величин независимо от нагрузки и характера входной величины, а это приводит к тому, что должна обладать следующими основными свойствами:

при изменении характера входной величины изменяется соответственно и характер движения системы, то есть система следит и приспосабливается к изменению входной величины;

при изменении внешней нагрузки усиление входной мощности происходит автоматически;

следящая система, если она работает в пределах расчетных данных, практически не реагирует или мало реагирует на изменение нагрузки, а следит только за основной входной величиной;

за счет наличия обратной связи следящая система имеет высокую точность.

В общем случае следящие системы классифицируются по следующим признакам:

по назначению: промышленные системы и для научно-исследовательских работ;

по месту установки: стационарные и переносные системы;

по характеру передаваемого сигнала: аналоговые и цифровые;

по принципу действия: позиционные и скоростные;

по принципу построения: одноканальные и многоканальные;

по структуре: одноуровневые и многоуровневые системы;

по принципу управления: централизованные и децентрализованные;

по типу исполнительного механизма: электрические, гидравлические и пневматические;

по затрачиваемой мощности: маломощные и силовые системы;

по типу законов образования управляющих сигналов: системы с пропорциональным управлением, с управлением по ошибке и интегральным управлением.

Несмотря на разнообразия следящих систем, они имеют однотипную структуру, состоящую из следующих модулей:

устройство регулирования – вырабатывает базовый закон управления по сигналу рассогласования;

исполнительный механизм – орган воздействия на объект управления;

измерительный блок – датчики и приборы измерения основных параметров процесса;

обучаемая математическая модель системы – вычислительный блок, реализующий алгоритмы поиска недостающих параметров системы и расчёта параметров устройства регулирования;

обратная связь – определяет сигнал рассогласования.

Таким образом, следящие системы являются удобным средством для решения проблем химической промышленности. Но при этом в каждом конкретном случае имеют собственный алгоритм работы и требуют дополнительных исследований для внедрения в производство.

Н. Цолмон

Братский государственный университет

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОК

В «Эрдэнэт» ГОК-е начали применять ПЛК в середине 1990 год. В настоящее время в предприятии Эрдэнэт установлены множеств ПЛК, произведенные в разных странах.

Например: SIMATIC S7, Logo контроллеры Siemens- Германия, Honeywell, Allen Bradley, DOBERSEK- Америка и т.д.

Контроллеры SIMATIC S7-300 используются для управления мельницей, ПЛК Logo осуществляют управления конвейера. Контроллеры Honeywell и Allen Bradley используются для управления технологическим процессом флотации (флотомшины) и насосами, контроллер DOBERSEK управляет гидроциклонной установкой и т.д. ниже перечислены все основные контроллеры и их назначения:

Измельчительно-флотационное отделение (ИФО)

- Контроллер Honeywell-5 - управляет технологическим процессом V секции обогатительной фабрики.
- Контроллер Honeywell-6 – управляет технологическим процессом VI секции обогатительной фабрики, а также управляет насосами №105, 110, 114
- Контроллер Honeywell-2 – управляет технологическим процессом II двойной секции.
- Контроллер Honeywell-измельчения - осуществляют контроль и управления процессами измельчения всех мельниц.
- Контроллер Honeywell-1 - управляет технологическим процессом I двойной секции.

Все контроллеры включены в сеть АСУТП, что дает возможность всем пользователям сети иметь технологическую информацию.

Сервера АСУТП-1А, АСУТП-1Б осуществляют сбор текущих значений и текущих параметров от контроллеров и передачу их в базу данных и сеть АСУТП (рис. 1).

Корпус самоизмельчения (КСИ)

- Контроллер Honeywell-КСИ управляет технологическим процессом КСИ и передает данные в сеть АСУТП;
- Контроллер DOBERSEK управляет гидроциклонной установкой КСИ (рис. 2).

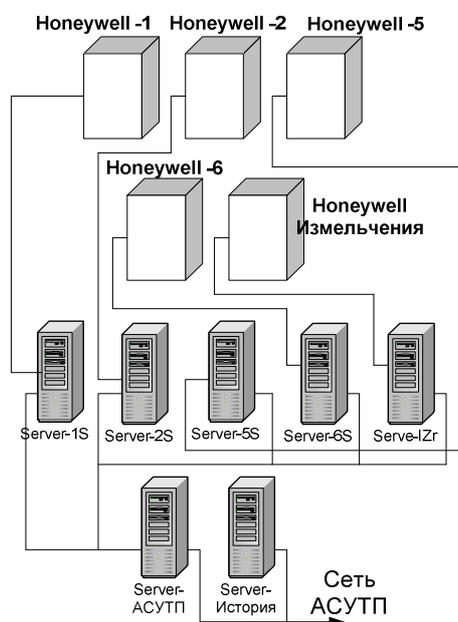


Рис. 1. Средства автоматизации ИФО

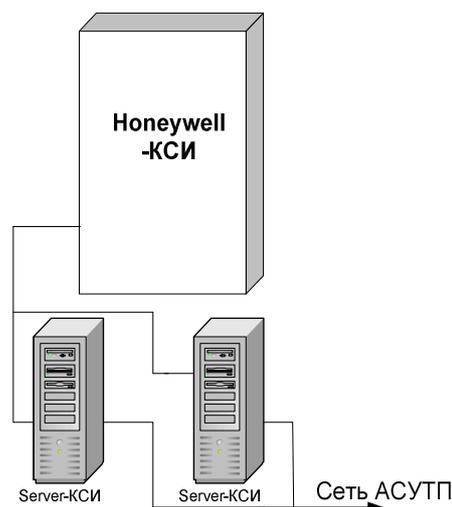


Рис. 2. Средства автоматизации КСИ

Дробильно-транспортное отделение (ДТО)

- Контроллер SHENK принимает с весов данные по переработке и передает их на контроллер Honeywell в машзал АСУТП.

- Контроллер Honeywell-ДТО осуществляет контроль и управление конвейерами 4-8, 12-16 и 16А, контроль срабатывания металлодетекторов и передает эти данные в сеть АСУТП.

- Контроллеры SIEMENS в количестве десять штук, в состав которых входят щит управления смазкой и щит управления дробилкой осуществляют контроль и управление дробилками 4-8,12-16 (рис. 3).

Фильтровально-сушильное отделение(ФСО)

- Контроллеры Allen Bradley осуществляют контроль и управление пресс-фильтрами 9, 10

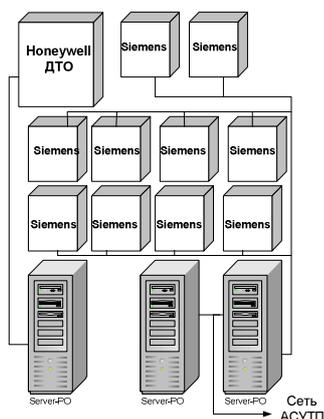


Рис. 3. Средства автоматизации ДТО

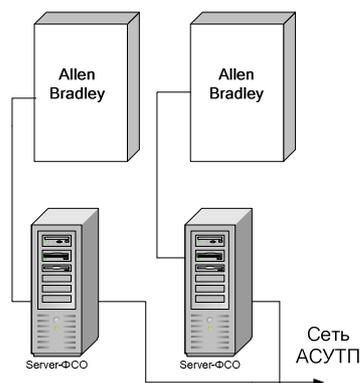


Рис. 4. Средства автоматизации ФСО

Регентное отделение (РО)

- Контроллер Honeywell-РО осуществляет контроль и управление технологическими процессами реагентного отделения.

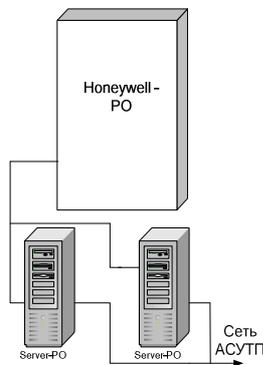


Рис. 5. Средства автоматизации РО

Пользователи, подключенные к сети АСУТП, в любой момент могут запросить всю технологическую информацию о работе ГОК в любой промежуток времени. Технологическая сеть АСУТП соединена с сетью предприятия, таким образом создана интегрированная структура АСУТП предприятия.

Кроме прямых выгод от применения ПЛК, обусловленных низкой ценой и высокой надёжностью, есть и косвенные. Появляется возможность реализовать дополнительные функции, не усложняя и не увеличивая стоимость готовой продукции, которые помогут полнее реализовать возможности оборудования.

Быстрое развитие микроэлектроники позволяет ожидать дальнейшего снижения цен и улучшения характеристик ПЛК, что является дополнительным стимулом к их применению.

Большой ассортимент ПЛК позволяет найти оптимальное решение как для не сложных задач, так и для комплексной автоматизации технологических процессов и производств.

Н. Цолмон

Братский государственный университет

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АГРЕГАТНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕЛЬНИЦЫ МШЦ НА ГОК «ЭРДЭНЭТ»

Вновь создаваемая система автоматизированного агрегатного управления мельницей (СААУМ) МШЦ на горнообоготительном комбинате предназначена в первую очередь для оперативного контроля и управления основными электрическими механизмами мельницы, такими как: масляные выключатели, главный привод мельницы, привода маслостанций и гидроподпора, привода подающих конвейеров, частотных преобразователей, вентиляторы электродвигателя мельницы и т.д., а также для управления частотным пуском мельницы. Основная цель при создании системы состоит в том, чтобы заменить традиционно применяемые релейно-контакторные системы управления электрическими механизмами, которые обычно создаются на базе монтажных панелей, на систему управления с применением программируемых логических контроллеров. В отличие от системы смежного уровня - технологической автоматики, СААУМ строится как система, состоящая из одного уровня – базового, и выполняется как локальная система, с возможностью последующего гармоничного её включения в интегрированную систему агрегатного управления всеми мельницами (ИФО).

На базовом уровне АСУ ТП в основном решаются задачи контроля технологического процесса: это системы дозирования, подачи реагентов, поддержания уровней материалов и т.д. На втором уровне АСУ ТП обычно решаются задачи оптимизации протекания технологического процесса измельчения и обогащения, и выполнение функций диспетчеризации и согласование работы отдельных производственных участков, начиная от управления потоками поступающей из ДТО (дробильно – транспортное отделение) руды и заканчивая контролем качества процесса обогащения в зависимости от плана производства и загрузки мощностей. Эти задачи (второго уровня) обычно решаются на других программно-технических средствах и составляют основную цель создания любой системы технологического управления. Базовые уровни как системы агрегатного управления мельницей, так и системы технологической автоматики могут быть решены на одном и том же комплексе технических средств. Один и тот же контроллер в состоянии обслуживать и те задачи, и другие, и, в смысле построения системы общего управления мельницей, это был бы самый оптимальный вариант. В этом случае упрощаются способы взаимодействия между системами, всё решается в рамках одной программы контроллера, задачи будут решаться только в разных функциональных блоках и взаимодействие между ними в этом случае становится совершенно прозрачным. Стоимость технических средств будет оптимальна, так как все задачи будут решаться в одном контроллере, только потребуется дополнительно небольшое количество входных/выходных модулей для сигналов технологической автоматики. Стоимость монтажных и наладочных работ в этом случае также будет снижена.

Основные требования к базовому уровню – это надежность и простота эксплуатации, чтобы обслуживающий персонал, даже не очень высокой квалификации мог свободно обслуживать эти устройства. В частности замена любого из модулей контроллеров «Simatic» серии S7-300, предлагаемых в качестве базового уровня, не превышает и 5 минут, если вообще потребуется такая замена. Последующие уровни управления во время работы установок могут на некоторое время отключаться, но базовый уровень, чтобы не останавливать технологический процесс, обязан работать всегда.

Немаловажное значение для эксплуатации имеет и система программирования контроллера и отладки прикладного программного обеспечения, прежде всего для быстрой

диагностики неисправности оборудования и обеспечения бесперебойной работы последнего. Система программного обеспечения для программирования контроллеров - «SIMATIC MANAGER» разработанная фирмой «SIEMENS» как раз удовлетворяет этим требованиям. Этот программный продукт один из немногих в мире соответствует требованию стандарту IEC 1131-3 международного электротехнического комитета на языки программирования для программируемых логических контроллеров. Текст управляющей программы может быть представлен как в виде релейно-контактной схемы, этот вид представления очень близок и понятен электрикам, для которых и создается эта система, так и в виде списка команд или функционального плана. Помимо этого программы могут быть написаны в специальных оболочках на языках программирования типа Паскаль, представлены в виде графов и т.д. Самым мощным языком из большого семейства языков программирования контроллера фирмы «Siemens» является язык SFC (непрерывных логических диаграмм). Это очень простой, интуитивно-понятный язык, позволяющий обычному технологу, не знакомому с языками программирования создавать управляющие программы для технологического процесса. Он используется в качестве базового в системе PCS7, выпущенной фирмой «Siemens» для создания систем управления целым предприятием и не имеет аналога в мире по своей мощности и представляемому для разработчика сервису.

СААУМ МШЦ строится как человеко-машинная система с оптимальным сочетанием функций, выполняемых автоматически и выполняемых операторами. Операторам предоставляется развитый интерфейс пользователя с системой встроенных "меню" – система управления и визуализации - для работы в диалоговом режиме как с пульта местного управления, так в последующем и с операторской станции в режиме централизованного автоматического управления запуском и управлением всеми мельницами ИФО.

СААУМ МШЦ предусматривает автоматизированное управление мельницей в «нештатных» ситуациях, обеспечивая безаварийность процесса, сохранность оборудования и сводя к минимуму отрицательные последствия.

Система автоматизированного агрегатного управления мельницей МШЦ является локальной системой управления комплексом оборудования конкретного технологического агрегата и структурно строится как система базового уровня, включающая аппаратные и программные средства управления процессом, визуализации и коммуникации.

СААУМ МШЦ строится по блочному принципу на основе компонентов техники автоматизации SIMATIC фирмы «SIEMENS» и фирменного лицензионного стандартного программного обеспечения «SIMATIC SOFTWARE», приобретаемого непосредственно у производителя с соответствующими гарантиями. Вследствие этого предлагаемая система автоматизации является действительно открытой системой, которая позволяет с помощью инструментальных средств, поставляемых в составе системы, достаточно легко производить ее усовершенствование, развитие, наращивание состава функций, а также последующее расширение и интегрирование данной системы путем подключения к системной локальной вычислительной сети дополнительных устройств.

Особенностью структурного решения данной системы является применение контроллеров фирмы «SIEMENS» серии «SIMATIC S7», и устройств децентрализованной периферии «ET 200M», которые устанавливаются возможно ближе к источникам сигналов и соединяются с центральным контроллером с помощью ЛВС PROFIBUS-DP, что обеспечивает экономию кабельной продукции в целом по данному участку. Эти решения также позволяют сократить сроки монтажа и пуско-наладочных работ, так как монтаж кабельной продукции будет вестись в основном внутри электропомещений, а прокладка кабелей между помещениями сводиться к минимуму.

Необходимо также отметить, что объемы шкафов с контроллерами не сравнимы с объемами электрических панелей РКС, не говоря о занимаемых ими площадях. Это позволяет снизить затраты на капитальное строительство электропомещений, необходимые для размещения дополнительных панелей.

Контроллеры серии SIMATIC S7 имеют диапазон рабочих температур от 0 до + 60°C, степень защиты IP 20 (требуют встройки в защитный шкаф IP 45 - IP 55), по механическим характеристикам соответствуют стандарту IEC 68:

Все предлагаемые к применению компоненты автоматизации фирмы “Siemens” имеют промышленное исполнение, т.е. имеют повышенную стойкость к вибрациям, электромагнитным и электростатическим полям, расширенный диапазон температур и т.д.

О.В. Яшина, Е.Ф. Шелудько
 Научный руководитель - В.В. Лузгин

Братский государственный университет

РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ LRC- КОНТУРА

В данной статье приводится резонансный метод диагностирования LCR-контура по амплитудно-частотной характеристике (АЧХ), представленного на рис. 1

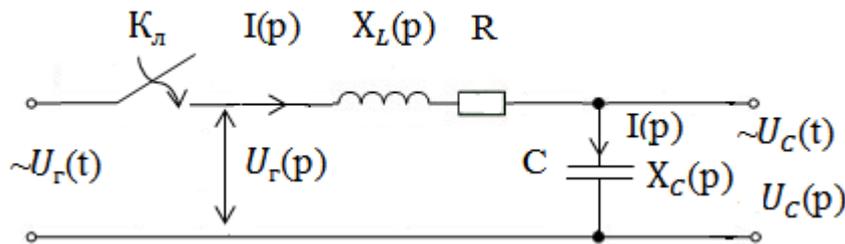


Рис. 1. Схема исследуемого LRC-контура

Для определения передаточной характеристики LCR- контура $W(p)$ на вход подается гармонический сигнал напряжения генератора стандартных сигналов $U_r(t)$. Тогда передаточная функция запишется в виде:

$$W(p) = \frac{U_c(p)}{U_r(p)}$$

После необходимых преобразований по второму закону Кирхгофа получена передаточная функция LCR-контура:

$$W(p) = \frac{1}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$$

где $T_2^2 = LC$, $T_1 = RC$

$$\text{и АЧХ } W(\omega) = \sqrt{\frac{1}{(1 - T_2^2 \omega^2)^2 - T_1^2 \omega^2}} \quad \text{или} \quad W(f) = \frac{1}{\sqrt{1 - T_2^2 (2\pi f)^2 - T_1^2 (2\pi f)^2}}$$

Решая полученную зависимость относительно T_2 , найдем

$$T_2 = \frac{1}{\omega_1} \sqrt{1 - \frac{K^2}{W^2(\omega_1)}}, \quad \text{где } K\text{-коэффициент передачи.}$$

Можно получить более простые выражения для расчета T_1, T_2 , если учесть что максимальная величина $W(\omega)$ соответствует режиму резонанса при котором $T_2 \approx \frac{1}{\omega_1}$

Таким образом, при диагностике необходимо найти $\omega = \omega_1$ соответствующую резонансу, т.е. максимальному значению $W(\omega_1)$. Если $T_2 \approx \frac{1}{\omega_1}$, то $T_2^2 \omega_1^2 = 1$. В результате получаем:

$$W(\omega_1) = \frac{K}{T_1^2 \omega_1^2} \quad \text{или} \quad T_1 = \frac{1}{\omega_1} \sqrt{\frac{K}{W(\omega_1)}}.$$

С учетом резонансных явлений на рис. 2. представлен упрощенный алгоритм диагностики LRC- контура.

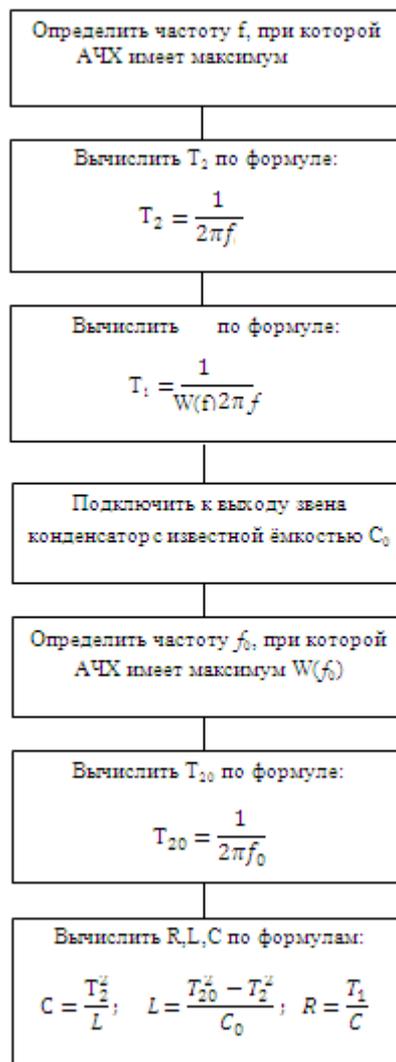


Рис. 2. Упрощенный алгоритм диагностирования LRC- контура

На рис. 3 представлена экспериментальная АЧХ LCR-контура $W_{\text{эксп}}(f)$ и определена частота $f=3150$ Гц, при которой АЧХ имеет максимум $W_{\text{эксп}}(f)$, что соответствует резонансу и определены значения $T_1=6$ мкс и $T_2=0,55$ мкс

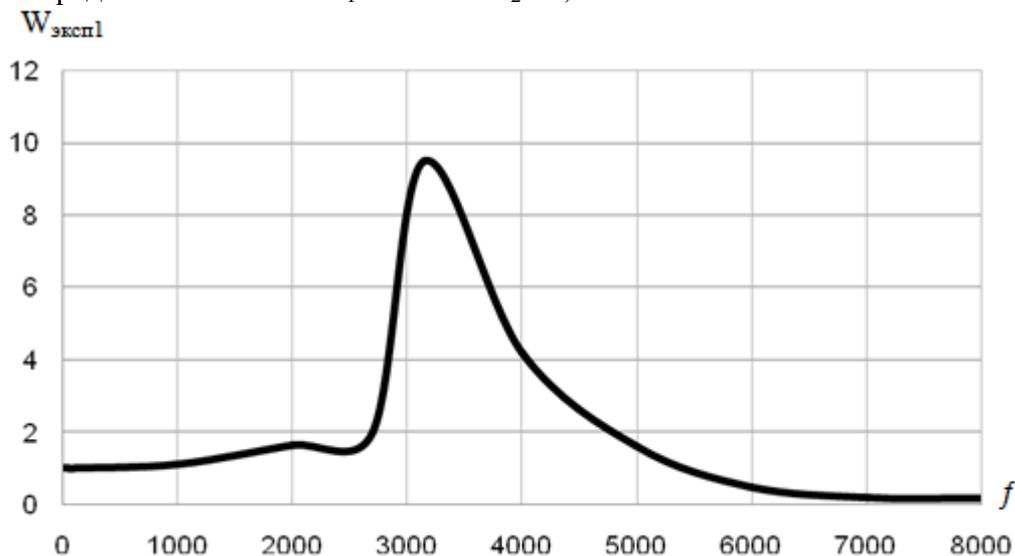


Рис. 3. Экспериментальная АЧХ LRC - контура

При подключении конденсатора с известной емкостью $C_0=6,25 \mu\text{Ф}$ была определена частота $f_0=2848 \text{ Гц}$ по рис. 4, при которой АЧХ имеет максимум $W_{\text{эксп}2}(f)$

В результате реализации алгоритма диагностирования LRC- контура (рис. 3) неизвестные параметры LCR- контура принимают следующие параметры: $C=4,9\mu\text{Ф}$; $R=61,22 \text{ Ом}$ и $L=0,5\text{мГн}$.

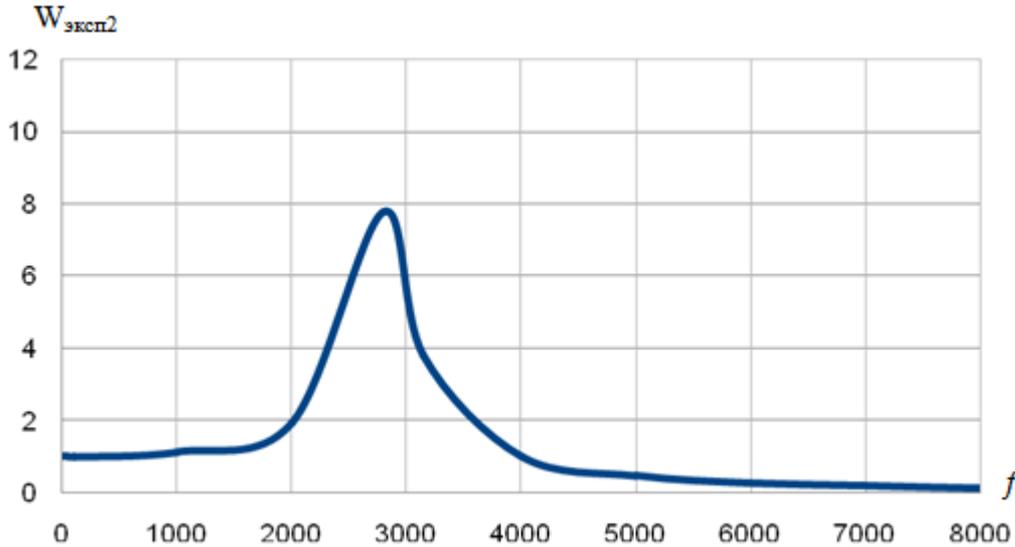


Рис. 4. Экспериментальная АЧХ LRC- контура при подключении конденсатора с известной емкостью C_0

Результаты идентификации LCR- контура приведены на рис. 4

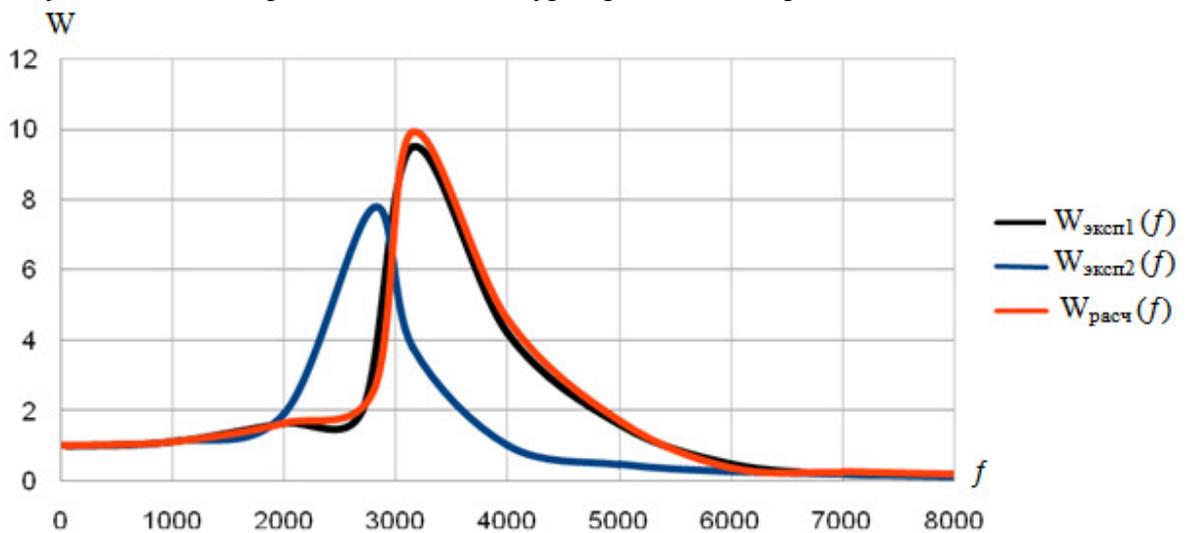


Рис. 5. Экспериментальные $W_{\text{эксп}1}(f)$, $W_{\text{эксп}2}(f)$ и АЧХ $W_{\text{расч}}(f)$ LRC- контура

Вывод: Резонансный метод диагностирования промышленного объекта (ПО), если он возможен по техническим условиям, позволяет уменьшить время формирования диагноза ПО и существенно увеличить точность в определении его структурных параметров. При реализации резонансного алгоритма диагностирования ПО (рис. 4) структурные параметры LRC-контура определены с погрешностями соответственно $P_C=2,11\%$, $P_L=2,06\%$, $P_R=1.2\%$, при интегральной оценке погрешности идентификации LCR-контура по АЧХ равной $1,79\%$, что вполне допустимо в инженерной практике.

ЦЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ОТОПЛЕНИЯ

Основная цель управления системами отопления в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) заключается в стабилизации на требуемом уровне температуры воздуха помещений зданий при квазистационарном режиме работы системы отопления, позволяющий обеспечить минимальные затраты тепловой энергии. Под квазистационарным режимом понимается постоянство теплового и гидравлического режимов с непрерывно изменяющимися внешними факторами, влияющими на стационарную работу системы.

Современный этап развития систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) выдвинул на первый план системные задачи расчета и оптимизации СЦТ, предлагающие комплексную оценку решений с учетом экономичности, надежности и других факторов.

Для управления гидравлическим и тепловым режимами системы теплоснабжения её необходимо автоматизировать, а количество подаваемого тепла регулировать в соответствии с нормативными требованиями. Известно, что наибольшее количество тепла расходуется на отопление зданий. Отопительная нагрузка зависит от температуры наружного воздуха. Для регулирования отпуска тепла применяют в основном центральное регулирование на теплоисточниках. Добиться высокого качества теплоснабжения, применяя только центральное регулирование, не удастся, поэтому на индивидуальных тепловых пунктах и у потребителей должно применяться дополнительное ручное регулирование.

Следует отметить, что существующие СЦТ были спроектированы в условиях социалистического хозяйства при плановой экономике, что в значительной степени предопределило их низкую энергетическую эффективность в новых условиях. Основной функциональной задачей, которая ставилась перед системой теплоснабжения, являлось нормативное обеспечение теплом потребителей в соответствии с температурным графиком. В рыночных условиях основной задачей является обеспечение возможности самим потребителям регулировать расход тепла при обязательном коммерческом учете потребленной энергии. Оперативное управление в ИТП обеспечивает повышение комфортности внутриобъектного климата за счет исключения «перетопов» и компенсации «недотопов» и поддержания устойчивого гидравлического режима.

Из вышесказанного следует, что управление в ИТП является необходимым фактором качественной и экономически целесообразной работы системы отопления.

Для реализации такого управления необходимо решение следующих задач.

1. Оценка эффективности существующих технологических решений управления системами отопления в ИТП.

Основными теплопотребляющими установками тепловых сетей являются установки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. От схем присоединения абонентов к тепловым сетям и установленных регуляторов во многом зависит качество теплоснабжения, а также такие важные параметры работы сетей как удельные расходы сетевой воды и ее температура в обратном трубопроводе.

Анализ существующей технологической структуры построения систем централизованного теплоснабжения, схем тепловых сетей и абонентских вводов, а также конструкций применяемого в системах отопления оборудования показывает, что они не в полной мере отвечают современным требованиям, предъявляемым к объектам управления.

Современные крупные системы теплоснабжения обслуживают сотни, а часто и тысячи абонентов, которые имеют разнородную и переменную во времени тепловую нагрузку. Отапливаемые здания, построенные в разное время, имеют значительные расхождения в удельных теплотехнических характеристиках. Для ИТП этих зданий характерно несовершенство схемных и конструктивных решений:

- отсутствие средств учета и регулирования потребляемых энергоресурсов;

- непосредственное подключение систем отопления к тепловым сетям без промежуточных узлов управления, что снижает маневренность и гибкость системы;
- использование устаревшего теплотехнического оборудования;
- недостаточный уровень технической эксплуатации, вызывающий «перетопы» в зданиях из-за несбалансированности теплогидравлических режимов в системах отопления.

Очевидно, что в этих условиях достаточно сложно обеспечить требуемые условия микроклимата во всех помещениях без оперативного управления системами отопления в ИТП.

В условиях повсеместного отсутствия приборов учета потребляемых энергоресурсов абоненты не имеют материальных стимулов к их экономии, так как оплата за тепловую энергию совместно со сверхнормативными потерями в тепловых сетях перекладывается автоматически на плечи потребителей. Регулирование температуры внутреннего воздуха в продолжительные периоды «перетопа» осуществляется, как правило, «форточкой», а при «недотопе» – бытовыми электрическими или газовыми плитами, что приводит к ухудшению качества внутреннего воздуха.

Таким образом, исторически сложившиеся условия развития систем теплоснабжения обусловили крайне нерациональное потребление тепловой энергии; при этом в зданиях в течение достаточно длительных периодов времени наблюдается неудовлетворительный уровень комфорта.

2. Определение вектора управления, на основе динамических и статических свойств систем отопления.

Данную задачу необходимо рассматривать как совокупность частных подзадач, которые вытекают из особенностей и степени сложности систем отопления и процессов их регулирования, а именно: стабилизация параметров объекта управления и повышение запаса его устойчивости; обеспечение необходимой точности воспроизведения воздействий в установившемся режиме; обеспечение заданного качества переходного режима.

Для осуществления оптимальных принципов и режимов регулирования отпуска теплоты необходимо разрабатывать новые подходы к управлению системами отопления, которые должны удовлетворять главным требованиям: поддержание заданной температуры воздуха внутри помещения; выполнение гидравлического режима; обеспечение теплового режима; уменьшение расхода теплоты на отопление.

3. Получение многопараметрической модели системы отопления по экспериментальным данным.

В задачах оперативного управления современными процессами теплоснабжения одной из центральных является проблема моделирования систем отопления, требующая исследования сложных количественных закономерностей их работы. При создании модели систем отопления возникает обратная задача математического моделирования – идентификация объекта, которая заключается в получении математического описания по экспериментальным входным и выходным сигналам. При этом математическое описание должно учитывать многоконтурность и многосвязность систем.

Обработка результатов моделирования с целью повышения адекватности и достоверности требует также применения современных методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов.

Для решения вышеперечисленных задач необходимо выполнение следующих этапов: разработка обобщенного структурно-аналитического подхода к математическому описанию системы отопления; разработка методики пассивной идентификации; разработка методики синтеза управления системы; оценка достоверности на основе имитационного моделирования; использование результатов в повышении эффективности управления системой отопления.

Таким образом, конкретизированы цели управления и требования, предъявляемые к системам отопления, определены основные этапы их решения.