

Л.П. СЕРЕЖИН, И.Е. ЗАЛУЦКИЙ
 (“НПО ТЕХНОКОНТ”)

P.I.D.-Synthesis. Очень просто об очень непростой системе

Краткое описание нового коммерческого продукта для автоматизации процесса наладки систем автоматического регулирования параметров многомерного технологического объекта.

A new commercial product intended for automating the multivariable process controls tuning is briefly described.

“НПО ТЕХНОКОНТ” выпускает на рынок средств автоматизации новый программный продукт, который получил название “P.I.D.-Synthesis. Станция инженерного сопровождения САР многомерного объекта”. Это логическое продолжение деятельности “НПО ТЕХНОКОНТ”, направленной на разработку инструментальных средств сопровождения систем автоматического регулирования (САР), создание полноценной инфраструктуры для наладки САР, формирование новой культуры качественной и эффективной настройки систем регулирования.

Программный комплекс P.I.D.-Synthesis предназначен для работы с многомерными системами регулирования, т.е. системами регулирования, управляющими объектом с сильными перекрестными связями (рис. 1).

Что же такое многомерный объект. Рассмотрим на простом примере, который взят из реальной технологии. Имеется расходный бак, из которого потребители производят отбор технической воды (рис. 2). Вода в бак подается по двум трубопроводам: горячей воды (ГВС) и холодной воды (ХВС). На каждом трубопроводе установлен регулирующий клапан. Необходимо поддерживать уровень в баке и температуру воды в нем. Изменение положения любого клапана (как на горячей воде, так и на холодной воде) приведет к изменению температуры воды в баке и ее уровня. Возникает сразу несколько вопросов. У разработчика (проектанта) системы: что и чем регулировать? У инженера-наладчика системы: как же ее настраивать? Вопросы непростые. В рассматриваемой конкретной

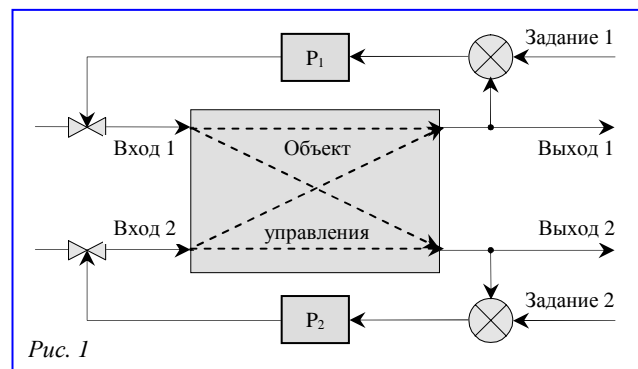


Рис. 1

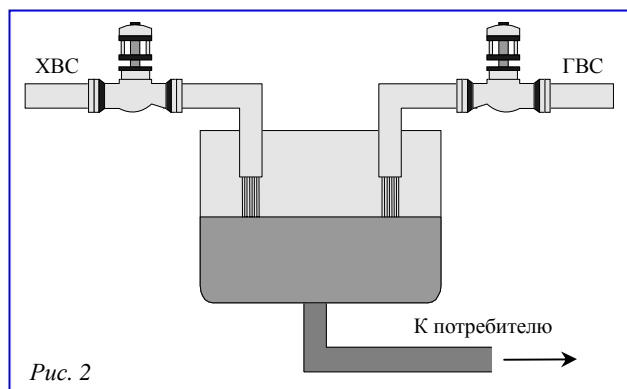


Рис. 2

технологии можно было уйти от многомерности объекта инженерными методами на стадии проектирования и реализации системы автоматического регулирования, но этого не сделали, и теперь эта проблема висит над эксплуатационным персоналом постоянным укором – все качает.

Конечно, для наглядности приведен достаточно “простой” пример объекта регулирования вида “2×2” (рис. 1). В жизни встречаются и более сложные объекты, с большим количеством связей, в которых: что и чем управлять, какую схему регулирования применить, и как потом все это настраивать – вопросы еще более непростые. Найти ответы на эти и другие вопросы призвана новая разработка “НПО ТЕХНОКОНТ” – программный комплекс P.I.D.-Synthesis.

Функциональность P.I.D.-Synthesis

P.I.D.-Synthesis обеспечивает:

- выполнение идентификации каналов в многомерной системе регулирования;
- построение модели многомерного объекта регулирования;
- синтез оптимальной структуры системы регулирования;
- использование при синтезе модифицированных контуров регулирования (каскадные схемы, схемы с опережающим импульсом, компенсаторы возмущений и пр.);
- назначение заранее заданной структуры системы регулирования (частичное или полное);
- диагностирование жизнеспособности системы регулирования;
- поиск наилучшего закона регулирования (П, ПИ, ПИД);
- расчет настроек всех регуляторов многомерной системы;
- расчет настроек компенсаторов и дифференциаторов;
- расчет настроек фильтров;
- имитационное моделирование переходных процессов в многомерной системе;
- расчет показателей качества переходных процессов;
- ведение архивов результатов расчетов;
- создание отчетов по результатам расчетов.

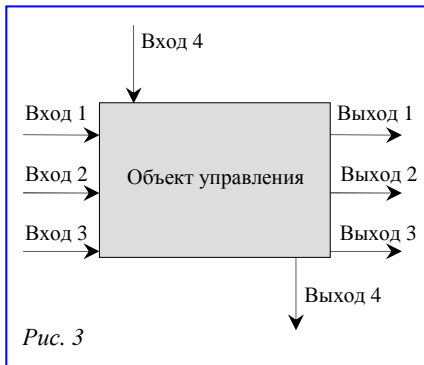
Работа с P.I.D.-Synthesis состоит из нескольких этапов:

- описания структуры входов и выходов объекта;
- выявления связей внутри объекта;
- синтеза системы регулирования;
- расчета настроек;
- имитационного моделирования;
- создания отчетов по результатам работы.

Описание структуры входов и выходов объекта

Структура объекта задается описанием количества используемых системой регулирования входов и выходов, а также их типом. С этого начинается работа над каждым новым проектом в P.I.D.-Synthesis. Описание входов/выходов выполняет пользователь системы через предоставляемый ему интерфейс.

Для примера рассмотрим объект (рис. 3), имеющий четыре входа и четыре выхода. Вход объекта может быть как управляющим, так и не управляющим, но обязательно измеряемым. Управляющий вход (Вход 1, Вход 2 и Вход 3 – рис. 3) подразумевает, что система управления может воздействовать на состояние объекта посредством изменения управляющего воздействия (как правило, за счет перемещения исполнительного механизма). Не управляющий, но измеряемый вход (Вход 4 – рис. 3) тоже влияет на состояние объекта, но система управления влиять на этот вход не может. К



такому типу входа относится, например, измеряемое возмущение, которое оказывает существенное влияние на состояние объекта и на регулируемые переменные.

Выходы объекта могут быть как регулируемые, так и не регулируемые, но обязательно измеряемые. Регулируемые выходы объекта – это те регулируемые переменные, которые и требуется поддерживать на заданном уровне в системе регулирования. Не регулируемые выходы объекта – это те переменные, поддержание которых на заданном уровне не требуется, но они качественно влияют на изменения воздействий на входах объекта. Примером такой переменной может служить температура в промежуточной точке.

Максимально возможное количество заданных в рамках одной системы регулирования входов и выходов равно девяти. Таким образом, P.I.D.-Synthesis имеет возможность обрабатывать многомерную систему регулирования вида "9×9".

Ввод характеристик каналов

Если структура входов и выходов объекта пользователем задана, то следующим этапом создания мо-

дели многомерного объекта является процедура выявления связей внутри объекта, т.е. каналов влияния и их характеристик. Иначе говоря, требуется установить, какие входы на какие выходы влияют, и каким образом.

Для этого в P.I.D.-Synthesis существует два способа:

- идентификация всего многомерного объекта в замкнутой системе регулирования;
- поканальный ввод характеристик объекта (аналитический или с помощью идентификации каналов по кривой разгона).

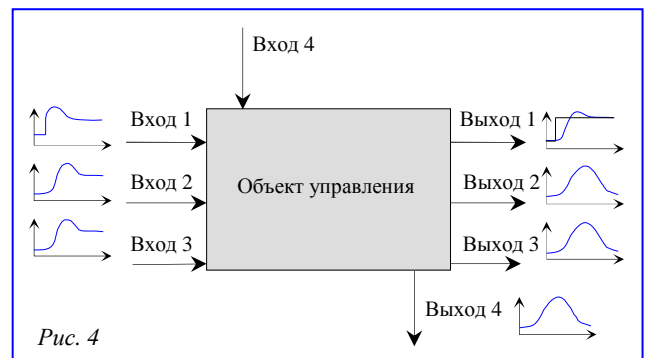
Вычисление характеристик (идентификация) каналов в замкнутой системе регулирования

Этот метод идентификации хорошо знаком пользователям программы P.I.D.-expert и заключается в том, что идентификация объекта производится по переходному процессу, возникающему в замкнутой системе регулирования. Этот переходный процесс может быть следствием возмущения по заданию (изменения задания регулятору) или следствием возмущения по нагрузке.

Отличие заключается в том, что для многомерного объекта пользователю необходимо организовать и получить серию переходных процессов, которые являются следствием изменения задания (ступенька, импульс) соответствующему регулятору. Например, сначала изменяется задание регулятору, управляющему исполнительным механизмом на первом входе объекта. Полученные переходные процессы (по всем каналам) запоминаются (рис. 4). Затем изменяется задание регулятору, управляющему исполнительным механизмом на втором входе объекта, и т.д. Количество экспериментов должно быть равно количеству используемых системой регулирования входов объекта. Затем по полученным переходным процессам всей серии экспериментов производится идентификация всех связей многомерного объекта.

Этот метод хорошо подходит для обследования и наладки уже действующей системы регулирования, где отключение регуляторов невозможно по технологическим соображениям.

Значения всех требуемых для идентификации переменных опрашиваются по OPC-технологии с помощью встроенного в программу OPC-клиента. Эти значения отображаются на графиках в режиме реального времени и архивируются для их последующей обработки.



Поканальный ввод характеристик многомерного объекта

Поканальный ввод характеристик может быть осуществлен пользователем двумя способами:

- параметры канала могут быть вычислены по “кривой разгона”;
- параметры канала могут быть заданы аналитически.

Снятие кривых разгона осуществляется в полностью разомкнутой системе регулирования, когда все регуляторы многомерной системы отключены. Этот способ наиболее характерен для ситуаций, когда происходит пуск новой установки и регуляторы еще не настроены и не функционируют (или даже нет ясности относительно целесообразности применения той или иной схемы регулирования).

Для идентификации канала по кривой разгона значения переменных могут быть получены как по ОРС-технологии, так и введены в P.I.D.-Synthesis в табличной форме (должно быть указано начальное установившееся состояние, конечное установившееся состояние и, как минимум, два значения переменной на переходном участке).

В многомерном объекте, переместив исполнительный механизм на одном входе, получим сразу несколько (в зависимости от количества связей) кривых разгона. Так, для приведенного выше примера структуры объекта (рис. 3), изменив ступенчатое положение исполнительного механизма на входе 1 (рис. 5), будут получены кривые разгона по выходам объекта: Выход 1, Выход 2, Выход 3 и Выход 4. Проведя идентификацию, получим параметры каналов: W_{1-1} (Вход 1 – Выход 1), W_{1-2} (Вход 1 – Выход 2), W_{1-3} (Вход 1 – Выход 3) и W_{1-4} (Вход 1 – Выход 4).

Таким образом, за один эксперимент можно провести идентификацию сразу нескольких каналов. Затем аналогичный эксперимент нужно провести с исполнительным механизмом на Входе 2 и т.д. Общее количество экспериментов должно равняться количеству входов объекта.

Если характеристики каких-либо каналов заранее известны, то их можно задать в виде параметров:

- аperiodического звена первого порядка с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{Ko * e^{-s\tau}}{To * s + 1},$$

где Ko – коэффициент усиления объекта, To – постоянная времени объекта, τ – время запаздывания;

- аperiodического звена второго порядка с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{Ko * e^{-s\tau}}{(To_1 s + 1)(To_2 s + 1)},$$

где Ko – коэффициент усиления объекта, To_1 – первая постоянная времени объекта, To_2 – вторая постоянная времени объекта, τ – время запаздывания;

- интегрального звена с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{e^{-s\tau}}{To * s},$$

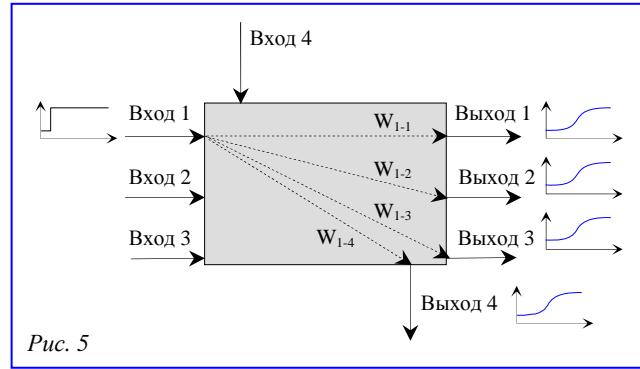


Рис. 5

где To – постоянная времени объекта, τ – время запаздывания.

Указанные параметры вводятся вручную с клавиатуры.

В результате применения одного из указанных способов (или их комбинации) ввода характеристик каналов система определит полную картину связей в объекте (например, как представлено на рис. 6) и их параметров, отображаемых в виде сводной таблицы либо в виде матрицы входов/выходов:

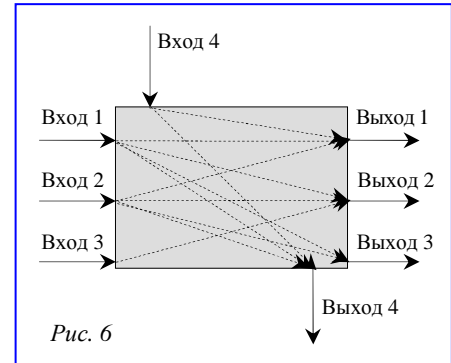


Рис. 6

| Вход/выход | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | W_{1-1} | W_{1-3} | W_{1-3} | W_{1-4} |
| 2 | W_{2-1} | W_{2-2} | W_{2-2} | W_{2-4} |
| 3 | – | W_{3-2} | – | – |
| 4 | W_{1-1} | – | – | W_{4-4} |

$$W_{2-4}(s) = \frac{Ko * e^{-s\tau}}{To * s + 1}$$

Кстати, в данном примере объекта видно, что Вход 3 влияет только на Выход 2, следовательно, этот канал в дальнейшем можно исключить из описания многомерного объекта и рассматривать его как отдельный одномерный.

Синтез структуры системы регулирования

После того, как задана структура входов и выходов и найдены (или заданы) все связи, P.I.D.-Synthesis производит синтез структуры САР (т.е. поиск наилучшего варианта топологии схем регулирования системы: что, чем и как управлять).

Анализируются все возможные варианты включения схем регулирования. При этом производится анализ возможности применения каскадных схем, компенсаторов и дифференциаторов. Производится диагностика жизнеспособности системы с различными вариантами включения этих схем. Нежизнеспособной считается структурно неустойчивая система либо система, которая может стать неустойчивой при отключении одного или нескольких регуляторов. Нежизнеспособные варианты исключаются из дальнейшего рассмотрения, а из оставшихся выбирается такая структура системы, которая способна (при соответствующих настройках регуляторов) обеспечить наилучшее качество регулирования.

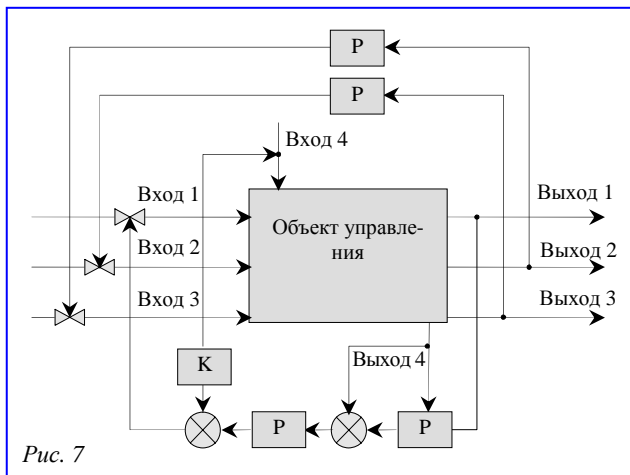


Рис. 7

Для объекта, рассмотренного выше, была найдена, например, следующая структура системы регулирования (рис. 7). Переменную Выход 3 предлагается стабилизировать с помощью простой одноконтурной схемы с регулятором, управляющим исполнительным механизмом на Входе 2 объекта. Переменную Выход 2 предлагается стабилизировать с помощью простой одноконтурной схемы регулирования с регулятором, управляющим исполнительным механизмом на Входе 3 объекта. Переменную Выход 1 предлагается стабилизировать с помощью каскадной схемы, использующей в качестве промежуточной переменной для внутреннего контура Выход 4 и управляющей исполнительным механизмом на Входе 1 объекта. Кроме того, для этого контура предлагается использовать компенсатор (К) возмущения, сигнал от которого складывается с управляющим воздействием регулятора.

Пользователь может ввести свои ограничения на синтез системы регулирования и предварительно задать часть схем регулирования. Например, если по технологическим соображениям необходимо, чтобы какая-либо переменная управлялась воздействием на определенный вход объекта. Тогда программа выполнит синтез оставшейся, не заданной части системы регулирования. Можно задать и все схемы регулирования. В этом случае P.I.D.-Synthesis выполнит только диагностику жизнеспособности заданной структуры. Синтез системы производиться не будет.

Расчет настроек

После синтеза структуры системы регулирования (либо если структура задана пользователем и выполнена диагностика ее жизнеспособности) P.I.D.-Synthesis производится расчет настроек всех звеньев системы регулирования: регуляторов, дифференциаторов, компенсаторов и пр. Конечно, полученные настройки являются начальным ориентиром. Невозможно при расчете настроек учесть все многообразие технологических и эксплуатационных особенностей, существующих на объекте. Знать и учитывать эти особенности должен наладчик системы. В решении этой задачи большим подспорьем для него является наличие в P.I.D.-Synthesis режима имитационного моделирования.

Имитационное моделирование

Имитационное моделирование позволяет имитировать работу всей системы регулирования. При этом имеется возможность подавать различные виды возмущений (по заданию, по нагрузке на различные входы объекта и различной формы), подавать шум, отключать любые регуляторы и т.д.

На стадии имитационного моделирования инженер-наладчик еще до установки в реально действующую систему регулирования может скорректировать рассчитанные настройки, исходя из технологических особенностей объекта, существующих ограничений и характера возмущений. Кроме того, моделирование можно производить в сравнении для разных САР (из числа заранее синтезированных или заданных), что дает возможность качественно оценить преимущества той или иной системы.

Архивы и отчеты

Результаты каждого этапа работы с программой (синтез структуры, расчет настроек, имитационное моделирование) можно сохранить в архиве и использовать потом для дальнейших расчетов. Так же по результатам работы с программой можно сформировать отчет. При формировании отчета пользователю предоставляется возможность выбрать состав параметров и графиков, включаемых в итоговый отчет.

Заключение

Как уже прозвучало в начале данной статьи, P.I.D.-Synthesis предназначен для инженеров-наладчиков САР, непосредственно на производстве занимающихся эксплуатацией многомерных систем регулирования. Этот программный комплекс выводит на качественно новый уровень работу по эффективному инженерному сопровождению этих систем. P.I.D.-Synthesis даст возможность инженерам-наладчикам не только осознанно работать над настройками этих сложных систем, но и произвести ревизию проектных решений, т.е. синтезировать "правильную" систему, которая, возможно, будет отличаться от реализованной. А так как синтез будет произведен на основе экспериментальных данных, полученных с действующего объекта, т.е. через глубокое познание многомерного объекта, то полученная информация будет иметь существенный вес при принятии решений по необходимой модернизации. "НПО ТЕХНОКОНТ", таким образом, продолжает вкладывать в руки инженера-наладчика САР мощные инструменты наладки, как средство достижения наивысшего профессионального успеха в совершенствовании технологических процессов.

*Леонид Павлович Серезин – генеральный директор,
Илья Евсеевич Залуцкий – канд. техн. наук, ведущий
специалист "НПО ТЕХНОКОНТ".*

Телефон (495) 962-91-60.

E-mail: info@technocont.ru

http://www.technocont.ru

