

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АГРЕГАТИВНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Инж. ГОНЧАРОВ А. А.

УО «Гродненский государственный политехнический колледж»

При исследовании сложной системы возникают задачи, относящиеся не только к свойствам отдельных видов оборудования, но и к закономерности функционирования объекта в целом. Определяющую роль играют структура системы, организация взаимодействия ее частей, отношение с внешней средой.

Разработка сложных систем обычно состоит из следующих основных этапов:

- формулирование требований в виде технического задания (ТЗ);
- разработка технического проекта;
- разработка опытного образца;
- испытания;
- изготовление головного образца;
- опытные эксперименты и доводка;
- выпуск, монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию;
- модернизация системы.

Практически на каждом из этих этапов выполняются исследования и моделирование [1].

Для создания формализованной модели систем управления в настоящее время обычно используются два фундаментальных подхода:

- построение автоматной модели в виде граф-схем или графов переходов;
- построение агрегативной модели [2, 3].

Автоматная модель ориентирована на отдельную часть в концептуальной модели технологической машины – управляющее устройство. Для создания модели управляемого объекта (исполнительных механизмов) автоматная модель малопригодна.

Для создания комплексной модели технологической машины нами принята агрегативная модель. Эта модель является базовой отправной позицией для построения моделей следующих иерархических уровней и моделирующих алгоритмов.

В настоящей работе рассмотрены средства системного комплексного моделирования различных проектных сред на базе единой агрегативной модели и метода распределенного моделирования.

Базовыми структурными элементами системной модели технологической машины (комплекса), существенными для решения задач функционально-логического моделирования, будем считать:

- органы управления (кнопки, тумблеры, переключатели и пр.);
- датчики (фотоэлементы, путевые и конечные переключатели, реле давления, тепловые реле, датчики уровня и пр.);

- реле (запоминания, задержек, счета, дублирования и пр.);
- магнитные пускатели (контакторы);
- электромагниты;
- элементы сигнализации;
- программируемые логические контроллеры (ПЛК);
- электродвигатели;
- исполнительные механизмы (рабочие органы).

1. Модели агрегатов – элементов системы управления.

Сложная система S содержит элементы C_1, C_2, \dots, C_n .

Входной сигнал $X(t)$ с компонентами X_1, X_2, \dots, X_m можно рассматривать как совокупность сигналов $X_1 X_2(t), X_2(t), \dots, X_m(t)$. Элементарные сигналы передаются по элементарным каналам.

Каждый l -й элементарный канал, подключенный к выходу элемента C_j , способен передавать только элементарные сигналы $y_l^{(j)}(t)$, имеющие фиксированный индекс l . Вход элемента C_j состоит из m_j входных контактов. Контакт $X_i^{(j)}$ принимает элементарные сигналы $X_i^{(j)}(t)$ ($i = 1, 2, \dots, m_j$; $j = 1, 2, \dots, N$). Аналогично выход элемента C_j состоит из r_j выходных контактов. Контакт $Y_l^{(j)}$ выдает элементарные сигналы $Y_l^{(j)}(t)$ ($l = 1, 2, \dots, r_j$).

Элементарные сигналы, выдаваемые данным выходным контактом, передаются некоторому входному контакту другого или того же элемента или во внешнюю среду. Внешнюю среду можно представить в виде фиктивного элемента C_0 системы S , вход которого содержит m_0 входных контактов $X_j^{(0)}$, а выход – r_0 выходных контактов $Y_l^{(0)}$. Каждый элемент C_j (включая C_0) системы S характеризуется множеством входных контактов $X_1^{(j)}, X_2^{(j)}, \dots, X_m^{(j)}$, которые обозначены $[X_i^{(j)}]_i^m$, и множеством выходных контактов $Y_1^{(j)}, Y_2^{(j)}, \dots, Y_r^{(j)}$, которые обозначены $[Y_l^{(j)}]_l^r$, где $m = m_j; r = r_j$; $j = 0, 1, \dots, N$.

Математической моделью элемента C_j , используемой для формального описания его сопряжения с другими элементами и внешней средой, является пара множеств: $[X_i^{(j)}]_i^m$ и $[Y_l^{(j)}]_l^r$.

2. Модели агрегатов – исполнительных механизмов.

Модель исполнительного механизма (ИМ) [4] состоит из трех разнородных компонент:

- вид ИМ;
- траектория процесса;
- сценарий функционирования ИМ.

Вид ИМ определяет его визуальное представление в виде одного базового графического объекта или иерархической структуры из групп базовых объектов. Внутри этой структуры поддерживаются отношения старшинства (родители-потомки) и глубины вложенности (последовательное расположение на каждом иерархическом уровне). Базовые объекты и иерархические

структуры из них обеспечивают возможность визуализации ИМ самой сложной структуры.

Траектория процесса ИМ отображает его перемещение в различных пространствах параметров (механические движения, деформации, изменение видимости и характеристик и т. д.). Траектория состоит из сегментов, определенных вершинами.

После ввода траекторию можно корректировать, перемещая сегменты, преобразуя (конвертируя) их в кривые, добавляя новую вершину или удаляя уже существующую. При выполнении анимации объект перемещается от вершины к вершине. По умолчанию объект движется равномерно. Можно также создавать анимации объектов, движение которых может ускоряться или замедляться.

Сценарий функционирования ИМ определяет его поведение и организацию объектно-событийного взаимодействия между системой автоматизации и исполнительными механизмами управляемого оборудования или технологического процесса.

При подаче на систему автоматизации управляющего воздействия выполняется его моделирование на алгоритмическом или логическом уровнях [4], а полученные выходные сигналы интерпретируются как события, сообщения о которых передаются соответствующим ИМ. Каждый ИМ имеет сценарий, в соответствии с которым выполняется обработка полученного сообщения.

Основным свойством исполнительного механизма является тип реализуемого им процесса. Предлагается использовать следующие типы процессов:

- 1 – движение (траектория);
- 2 – изменение видимости (состояние);
- 3 – изменение свойств (модификация).

В соответствии с типом механизма определяется набор свойств.

Для процессов типа 1 определен набор свойств:

- *Движение.*
- *Динамический ранг.*
- *Команды_Движение.*
- *Сенсоры_Старт.*
- *Сенсоры_Стоп.*

Для процессов типа 2 определен набор свойств:

- *Динамический ранг.*
- *Команды_Состояние.*

Для процессов типа 3 определен набор свойств:

- *Модификация.*
- *Динамический ранг.*
- *Команды_Модификация.*

Свойство *Движение* содержит номера траекторий ИМ. Свойство *Динамический ранг* – номер ранга выходного сигнала, переданного ИМ. Свойство *Команды_Движение* – выходные элементы, сигналы от которых переданы ИМ. Свойство *Команды_Состояние* – выходные элементы, сигналы от которых переданы ИМ. Свойство *Команды_Модификация* – выходные сигналы, сигналы от которых переданы ИМ. Свойство *Сенсоры_Старт* –

входные элементы, сигналы которым передаются от ИМ в начале траектории. Свойство *Сенсоры_Стоп* – входные элементы, сигналы которым передаются от ИМ в конце траектории.

Сценарий ИМ, в соответствии с которым выполняется обработка сообщения о получении выходных сигналов, является общим для всех ИМ ТМ. Специфика каждого отдельного ИМ содержится в описанных выше свойствах.

Обработка сообщений, которые передаются соответствующим ИМ, обеспечиваются специальным событием *Idle*, наступающим всегда, как только заканчиваются действия родительских объектов – выходных элементов. Сообщение о событии *Idle* циклически посылается всем ИМ.

Этот сценарий ИМ в упрощенной форме имеет вид (входные и выходные контакты агрегата ИМ подчеркнуты):

```
Notifyafter firstIdle
– Исполнительный механизм получил сообщение Idle
– Входной контакт агрегата Исполнительный механизм
Динам_ранг of self = Номер_такта_системы of this book
– Исполнительный механизм определяет свой динамический ранг
if Команды_Состояние of self is not null
– Исполнительный механизм определяет тип процесса
Команды_Состояние = Команды_Состояние of self
step i from 1 to wordCount(Команды_Состояние)
if fillColor of button word i of Команды_Состояние is "0,50,100"
– Исполнительный механизм определяет состояние выходных элементов
visible of self = true
– Исполнительный механизм виден (например включен горячий воздух)
end if
end step
end if
if Команды_Модификация of self is not null
– Исполнительный механизм определяет тип процесса
Команды_Модификация = Команды_Модификация of self
Модификации = Модификации of self
step i from 1 to wordCount(Команды_Модификации)
if fillColor of button word i of Команды_Модификация is "0,50,100"
– Исполнительный механизм определяет состояние выходных элементов
send playAnimation word i of Модификации,self to self
– Исполнительный механизм модифицируется
– Выходной контакт агрегата ИМ
end if
end step
end if
if Команды_Движение of self is not null
– Исполнительный механизм определяет тип процесса
Команды_Движение = Команды_Движение of self
Движение = Движение of self
```

Сенсоры_Старт = Сенсоры_Старт of self
 Сенсоры_Стоп = Сенсоры_Стоп of self
 step i from 1 to wordCount(Команды_Движение)
 if fillColor of button word i of Команды_Движение is "0,50,100"
 Сенсор_Старт = word (word i of Движение) of Сенсоры_Старт
 Сенсор_Стоп = word (word i of Движение) of Сенсоры_Стоп
 if Сенсор_Старт is not null
 send Старт to button Сенсор_Старт of this page
 – *Уведомляется Сенсор_Старт начала движения*
 – Выходной контакт агрегата ИМ
 end if
 send playAnimation word i of Движение, self to self
 – Выходной контакт агрегата ИМ
 anim_StartPosition(word i of Движение + 1) of self = position of self
 – *Запускается Движение ИМ по траектории*
 end if
 end step
 end if
 end

3. Модель взаимодействия агрегатов.

Рассмотрим множество входных контактов всех элементов системы и внешней среды

$$\bigcup_{j=0}^N [X_i^{(j)}]_1^m,$$

а также всех выходных контактов

$$\bigcup_{j=0}^N [Y_i^{(j)}]_1^r,$$

где каждому $X_i^{(j)}$ соответствует $Y_i^{(k)}$.

С учетом изложенного ограничения можно ввести однозначный оператор

$$Y_i^{(k)} = R(X_i^{(j)})$$

с областью определения в множестве

$$\bigcup_{j=0}^N [X_i^{(j)}]_1^m,$$

и областью значений в множестве

$$\bigcup_{j=0}^N [Y_i^{(j)}]_1^r,$$

сопоставляющий входному контакту $X_i^{(j)}$ выходной контакт $Y_i^{(k)}$, связанный с ним элементарным каналом.

Если к данному контакту $X_i^{(j)}$ не подключен элементарный канал, то этот оператор не определен на $X_i^{(j)}$.

Оператор R назван оператором сопряжения, а совокупность множеств $[X_i^{(j)}]_m^m$ и $[Y_i^{(j)}]_r^r$ и оператора R названа схемой сопряжения.

Оператор сопряжения можно задать в виде таблицы, в которой на пересечении строк с номерами элементов системы j и столбцов с номерами контактов l располагаются пары чисел (k, l) , указывающие номер элемента k и номер контакта l , с которыми соединен контакт $X_i^{(j)}$.

К сожалению, такая простая структура данных не приемлема для представления схемы сопряжения агрегатов в модели ТМ. В предложенной схеме сопряжения рассматриваются модели элементов – классы объектов. Схема сопряжения представляется как совокупность значений свойств объектов (совокупность множеств $[X_i^{(j)}]_m^m$ и $[Y_i^{(j)}]_r^r$) и совокупность взаимодействий объектов (оператор сопряжения $Y_i^{(k)} = R(X_i^{(j)})$).

В зависимости от класса объекта совокупность значений свойств объекта определяется на своем множестве свойств.

Для классов *Вход*, *Формула*, *Таймер*, *Счетчик*, *Сумматор*, *Компаратор*, *Супервизор*, *Инициализация*:

- имя объекта;
- событийный список.

Для класса *Потомок*:

- команды_движение;
- команды_состояние;
- команды_модификация;
- номер траектории;
- сенсоры_старт;
- сенсоры_стоп.

Для потомков в среде алгоритма управления дополнительно используется текущий шаг процесса.

При этом часть схемы сопряжения, соответствующая резидентной модели – СПФ, формируется автоматически, а другие части – в диалоговом режиме на базе механизма Drag and Drop.

Множества входных $\bigcup_{j=0}^N [X_i^{(j)}]_m^m$, и выходных $\bigcup_{j=0}^N [Y_i^{(j)}]_r^r$ контактов агрегатов определяются в зависимости от классов объектов:

- **Вход**
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag;
 - Записать действия ИМ.
- **Формула**
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag.
- **Таймер**
 - Обработать задержку.
- **Счетчик**
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;

- End Drag.
- Сумматор
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag.
- Компаратор
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag.
- Супервизор
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag.
- Потомок
 - FirstIdle;
 - Right Botton Down;
 - Begin Drag;
 - End Drag;
 - Записать вход.
- ИМ
 - FirstIdle;
 - PlayAnimation;
 - anim_StartPosition;
 - Begin Drag;
 - End Drag.

Важно понимать, что входными и выходными контактами агрегатов являются функциональные (события), а не структурные категории.

ВЫВОДЫ

1. Для создания комплексной модели технологической машины принята агрегативная модель, которая является единой концептуальной основой для построения структурных и функциональных моделей и моделирующих алгоритмов.

2. Агрегативная модель эффективно использована для решения задач комплексного моделирования ТМ в структурном и функциональном аспектах.

3. Базовыми структурными элементами системной модели технологической машины являются модели агрегатов – элементов системы управления и модели агрегатов – исполнительных механизмов

4. Функциональный аспект представлен моделью взаимодействия агрегатов. В предложенной схеме сопряжения агрегатов рассматриваются модели элементов – классы объектов. Схема сопряжения представляется как совокупность значений свойств объектов (совокупность множеств $[X_i^{(j)}]_n^m$ и $[Y_r^{(j)}]_n^l$) и совокупность взаимодействий объектов (оператор сопряжения $Y_r^{(k)} = R(X_i^{(j)})$).

5. При подаче на систему автоматизации управляющего воздействия выполняется его моделирование на алгоритмическом или логическом уровнях [4], а полученные выходные сигналы интерпретируются как события, сообщения о которых передаются соответствующим исполнительным механизмам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров А. А. Об одном подходе к моделированию логической структуры управляющих устройств // Информатизация образовательных процессов: Автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение / Под ред. А. Цырельчука: В 2 ч. – Мн.: Изд-во МГВРК, 2001. – Ч. 1. – 11 с.

2. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М., 1978.

3. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М.: Высш. шк., 2001.

4. Акунович С. И., Гончаров А. А., Поплавский В. С. Объектно-событийное моделирование алгоритмов управления и исполнительных механизмов технологического оборудования // Образовательные технологии в подготовке специалистов: В 5 ч. – Мн.: Изд-во МГВРК, 2003. – Ч. 4. – 7 с.

Представлена кафедрой электропривода
и автоматизации промышленных установок
и технологических комплексов БНТУ

Поступила 22.02.2006

УДК 621.311

О ДОПУСТИМЫХ НАГРУЗКАХ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Канд. техн. наук, доц. РАДЖЕВИЧ В. Н., асп. РОМАНОВ Р. В.

Белорусский национальный технический университет

Трехфазная линия электропередачи может быть выполнена одним трехжильным кабелем или тремя одножильными кабелями. Применение трехжильных кабелей снижает стоимость сооружения линии. Поэтому одножильные кабели с бумажной изоляцией, несмотря на их большую пропускную способность, не получили широкого распространения в системах электроснабжения напряжением 6–10 кВ. В какой-то мере этому способствовала и недостаточная информация по одножильным кабелям в нормативно-технической литературе.

Появление на рынке электротехнической продукции одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) существенно повлияло на конструктивное исполнение кабельных линий. Одножильные кабели напряжением 6–10 кВ с изоляцией из СПЭ по пропускной способности превосходят аналогичные кабели с бумажной изоляцией [1]. При прокладке в земле или воздухе одножильные кабели могут располагаться в одной плоскости с расстоянием между кабелями «в свету», равном наружному диаметру кабеля d , или треугольником (рис. 1).