

ГРАФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: В статье рассмотрены возможности оптимизации конструкции, которая не имеет реального воплощения. Метод позволяет выбрать оптимальную конструкцию из нескольких агрегатов по их блочным, конструктивным или функциональным схемам.

Ключевые слова: оптимизация технических схем, графологический метод.

Метод позволяет оптимизировать конструкцию, которая не имеет реального воплощения, выбрать оптимальную конструкцию из нескольких агрегатов по их блочным, конструктивным или функциональным схемам.

Последовательность решения задачи:

- строится графа-модель конструкции, или схема узла, с применением логики взаимодействия составных элементов, которая обрабатывается методами алгебры логики;
- проводится отбраковка лишних элементов, функции которых выполняются через другие элементы;
- определяются оптимальные структуры схем.

Практически любую конструкцию (схему) можно представить логической моделью в которой учитываются связи между отдельными блок-схемами, элементами, узлами и их взаимное влияние в процессе функционирования.

Модель строится так, чтобы явным образом можно было проследить входные, выходные и промежуточные узлы.

В качестве примера можно рассмотреть электрическую схему управляющей системы.

Структура этой схемы (рис. 1) станет исходной для построения логической схемы.

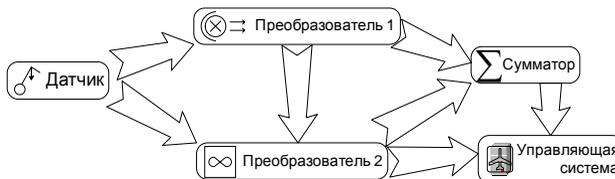


Рис. 1 – Структура управляющей системы

Логическая схема управляющей системы приведена на рис. 2

По логической схеме строится графологическая модель, она представлена на рис. 3.

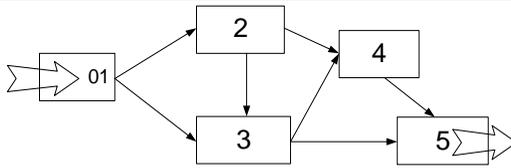


Рис. 2 – Логическая схема управляющей системы: 01 - входной узел; 2,3,4 - промежуточные узлы; 5 - выходный узел

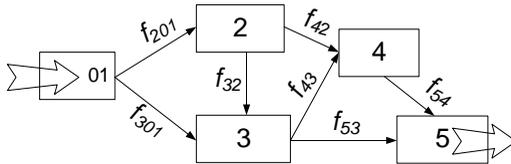


Рис. 3 – Графологическая модель управляющей системы

На рис. 3 стрелками изображено влияние (силовое, функциональное или любое другое) одного узла на последующий.

Составляем уравнение, которое представляет собой структуру логических произведений всех возможных путей от входного узла к выходному:

$$P_{01} = f_{201} f_{42} f_{54} + f_{201} f_{32} f_{43} f_{54} + f_{201} f_{32} f_{53} + f_{301} f_{53} + f_{301} f_{43} f_{54}$$

Произведения в уравнении обозначим соответственно так:

$$f_{01} = f_{201} f_{42} f_{54}$$

$$f_{02} = f_{201} f_{32} f_{43} f_{54}$$

$$f_{03} = f_{201} f_{32} f_{53}$$

$$f_{04} = f_{301} f_{42} f_{53}$$

$$f_{05} = f_{301} f_{43} f_{54}$$

В произведениях выделяются попарно различаемые связи между блоками, например – пара $f_{201} f_{42}$ (обозначения $e(f_{201} f_{42})$ можно проследить лишь в первом произведении. Тогда соответствующее значение будет иметь следующий вид: $e_1(f_{201} f_{42}) = f_{201} f_{42} f_{54} = f_{01}$

Аналогично расписываются все пары связей один с одним, в результате чего записываются следующие попарно различаемые связи:

$$e_1(f_{201} f_{42}) = f_{201} f_{42} f_{54} = f_{01}$$

$$e_2 (f_{201}f_{54}) = f_{201}f_{42}f_{54} + f_{201}f_{32}f_{43}f_{54} = f_{01} + f_{02}$$

$$e_3 (f_{42}f_{54}) = f_{201}f_{42}f_{54} = f_{01}$$

$$e_4 (f_{201}f_{32}) = f_{201}f_{32}f_{43}f_{54} + f_{201}f_{32}f_{53} = f_{02} + f_{03}$$

$$e_5 (f_{201}f_{43}) = f_{201}f_{32}f_{54} = f_{02}$$

$$e_6 (f_{201}f_{53}) = f_{201}f_{32}f_{53} = f_{03}$$

$$e_7 (f_{301}f_{53}) = f_{301}f_{53} = f_{04}$$

$$e_8 (f_{301}f_{43}) = f_{301}f_{43}f_{54} = f_{05}$$

$$e_9 (f_{301}f_{54}) = f_{301}f_{43}f_{54} = f_{05}$$

$$e_{10} (f_{201}f_{301}) = 0$$

$$e_{11} (f_{42}f_{32}) = 0$$

$$e_{12} (f_{42}f_{43}) = 0$$

$$e_{13} (f_{54}f_{53}) = 0$$

$$e_{14} (f_{32}f_{301}) = 0$$

$$e_{15} (f_{43}f_{53}) = 0$$

Видно, что пара $e_{10} - e_{15}$ ни разу не встречаются в произведениях $f_{01} - f_{05}$, т.е. они – единственные.

Связи, которые отвечает этим функциям необходимо обязательно оставить в логической схеме.

Функции, которые возможно попарно выразить через другие функции, можно исключить из схемы.

Тогда в нашем примере из граф-модели можно исключить блоки 2 и 4, поскольку связи между входом (блок 01) и выходом (блок 5) можно наилучшим образом проследить через блок 3. Тогда улучшенная граф-модель будет иметь вид:

По оптимальной граф-модели строится оптимальная логическая схема:

По оптимальной логической схеме воспроизводится более совершенный вид конструкции, которую можно реализовать на практике.

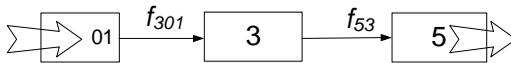


Рис. 4 – Улучшенная граф-модель



Рис. 5 – Оптимальная логическая схема

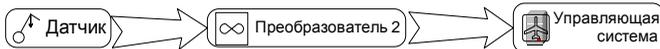


Рис. 6 – Вид конструкции, которую можно реализовать на практике

Рассмотренный графологический метод разрешает наглядно проводить оптимизацию конструкции, которая не имеет реального воплощения. Недостатком этого метода является отсутствие алгоритмов для ускоренного проведения исследований с помощью вычислительных машин.

Выбор оптимальной структуры на примере системы жизнеобеспечения (СЖЗ) космического модуля МКС “Альфа”.

Поскольку оптимальным комплексом СЖЗ, который будет обеспечивать работу экипажа в течение 1950 суток, есть максимально замкнутый, мы будем проводить оптимизацию конструкции именно этого комплекса графологическим методом.

Для построения логической схемы используем структуру максимально запертого комплекса СЖЗ, рис. 7.

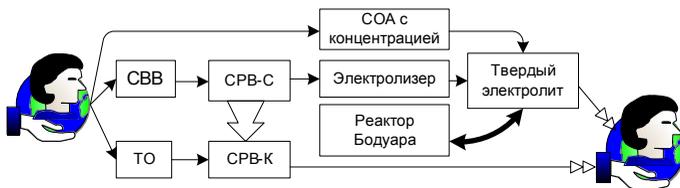


Рис. 7 – Структура максимально запертого комплекса СЖЗ

Логическая схема максимально запертого комплекса СЖЗ приведена на рис. 8.

По логической схеме строится графологическая модель, она представлена на рис. 9.

На рис. 9 стрелками изображено влияние одного узла на другого. Далее обработка граф-модели проводится с использованием вышеизложенных методов алгебры логики.

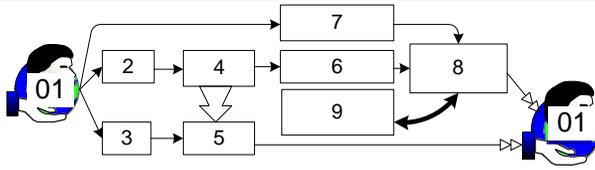


Рис. 8 – Логическая схема максимально запертого комплекса СЖЗ: 01 – входной и исходный узел; 2,3,4,5,6,7,8,9 – промежуточные узлы

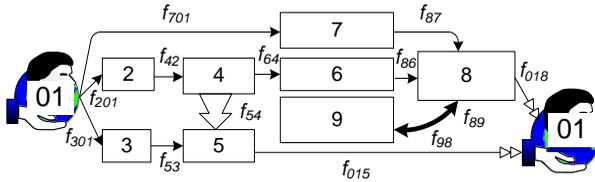


Рис. 9 – Графологическая модель максимально запертого комплекса СЖЗ

Литература

1. Киселев В.А. Проектирование оптимальных конструкций М.: МАИ, 1984.- 28 с.
2. Малоземов В. В. Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов. Ученик для втузов. - М.: Машиностроение, 1986. - 584 с.
3. Серебряков В. Н. Основы проектирования систем жизнеобеспечения экипажей космических летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1983. - 160 с.
4. Морозов Г. И. Теоретические основы проектирования системы жизнеобеспечения - М.: Наука, 1977. - 259 с.

Отримано 15.12.2009 р.