

**АРХИТЕКТУРА НА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ЗА ФОРМАЛИЗАЦИЯ НА  
УПРАВЛЯВАЩИ ПОВЪРХНИНИ**

Доц. д-р инж. Валентин Станчев,  
доц. д-р инж. Тотю Тотев, маг. инж. Борислав Ангелов  
Технически университет - София

**ARCHITECTURE OF EXPERT SYSTEM FOR FORMALIZATION  
CONTROL SURFACES**

Assoc. Prof. Dr. Eng. Valentin Stanchev,  
Assoc. Prof. Dr. Eng. TotioTotev, M.Sc.Eng. Borislav Angelov  
Technical University - Sofia

**Abstract:**

Consider the architecture and the logic of expert system for formalization control surfaces of experimental information from energy objects. Control surface is a form of presentation of a fuzzy control algorithm with 2 input coordinates in % - error and speed of the error and one output coordinate - value of control action in %. Formalization control surfaces are intended for the computer Simulator for fuzzy control in the area of technological processes in the TPP and IMPP.

Резултатите са получени по проект финансиран от субсидията за научни изследвания в ТУ - София за 2010/2011 г.

**Въведение**

Управляващата повърхнина е вид стратегия за размито управление. Формализацията на една управляваща повърхнина (УП) за един енергиен обект може да се извърши ръчно, но това е трудоемка задача изискваща определени знания, опит и не малко време. Последователността за ръчно изчисление на една УП е описана в [4] и за прилагането ѝ е необходимо: а) да се определи броя на термините, функциите им на принадлежност и разположението им по

универсалните множества на грешката на регулиране, скоростта ѝ на изменение и на регулиращото въздействие; б) да се структурират началните размити управляващи правила (РУП) по експерименталната информация от управлявания обект, с отчитане на функциите на принадлежност (ФП) към термините; в) получените РУП да се модифицират и да се получат крайните РУП; г) да се получи размитата асоциативна памет (РАП) на управляващия алгоритъм; д) да се формализира УП, чрез преизчисление на РАП от термини в проценти за положението на изпълнителния механизъм. При този голям обем от работа не е изключено допускането на неточности и грешки, които трудно могат да се установят на етап формализация на УП. Изпълнението на описаната последователност изисква специални експертни знания, което може да бъде избегнато, чрез създадената експертна система за формализация на управляващи повърхнини (ЕСУП) по експериментална информация от енергийни обекти, в базата от знания на която е интегриран експертния опит и знания за управлявания обект, необходими за модификацията на РУП.

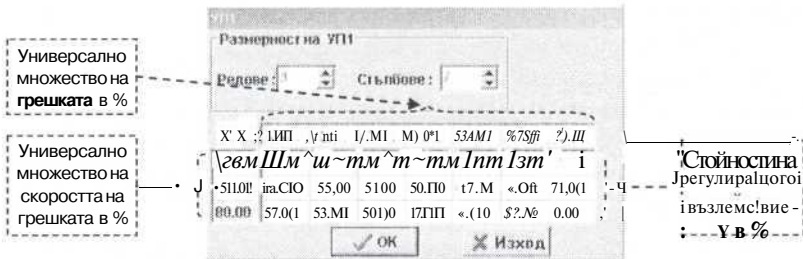
ЕСУП е от групата на анализиращите експертни системи (ЕС) и по вид е интерпретираща [5]. Тези ЕС ползват експериментални данни, получени в условията на симулационен или пасивен експеримент за описание на определена реална ситуация. В конкретния случай, експерименталните данни са записаните случайни процеси на входа и изхода на управлявания обект, а описанието на реалната ситуация за размитата връзка между грешката на регулиране, скоростта на грешката и регулиращото въздействие се получава като резултат от действието на ЕС под формата на формализирана една или няколко (до 7 броя) размити управляващи повърхнини [1]. УП е форма на представяне на размития управляващ алгоритъм с 2 входни координати в % - грешка и скорост на грешката и една изходна координата - стойност на регулиращото въздействие в %. Формализираните УП са предназначени за компютърния симулатор за размито управление по повърхнина на

технологични процеси в ТЕЦ и ЯЕЦ [2, 3], внедрен за научни изследвания в катедра „Топло и ядрена енергетика“ на Техническия университет - София, през 2008 г.

## Логика на ЕСУП

Логиката на ЕСУП описва всички действия и процедури, които трябва да бъдат изпълнени в определен порядък, за да може от входните данни, с отчитане на зададените начални и ограничителни условия, да се достигне до формализацията на една и/или няколко УП, с цел получаване на подходящо и приложимо описание на реалната ситуация, свързано с размитото управление на енергийния обект. В конкретния случай:

- Реалната ситуация, която трябва да бъде описана е размитата връзка между грешката на регулиране -  $X$  [%], скоростта на грешката -  $X'$  [%] и регулиращото въздействие - [%], представена под формата на управляваща повърхнина с примерен формат, показан на фиг.1. Форматът е съобразен с изискванията на симулатора на размито управление по повърхнина (СУП).



Фиг. 1. Вид на управляваща повърхнина при 7 термина за грешката и 3 термина за скоростта ѝ

- Входните експериментални данни са записаните случайни процеси на изменението на регулируемата величина и на изменението на регулиращото въздействия със стъпка на дискретизация по време  $\Delta T = 1.0$  s.
- Методите за анализиране и интерпретирането на входните данни с цел описание на реалната ситуация под формата на УП, са дадени в [2, 4]. В [4] подробно е описан методът за получаване на РАП от експериментална информация, получена в условията на симулационен експеримент. Описано е как се отстраняват противоречивите правила и как таблицата на РАП

се преизчислява от термини за регулиращото въздействие в % за положението на изпълнителния механизъм, което представлява формализацията на работния вид на УП.

Отчитайки горното, логиката на ЕСУП в последователност от действия и процедури изпълнявани от механизма за извод има следния вид:

1. Формиране на термините на грешката на регулиране, на скоростта ѝ на изменение и на регулиращото въздействие, т.е. подготовка на входната статична информация;
2. Структуриране на началните правила от входните експериментални данни;
3. Структуриране на крайните правила чрез модификация на началните правила;
4. Определяне на преобладаващите правила, за отстраняване на възникнали противоречия и нееднозначност в някои от клетките на РАП таблицата;
5. Формиране на РАП таблицата;
6. Запълване на липсващите термини в РАП таблицата, ако има такива;
7. Формализация на управляващите повърхнини.

## Архитектура на ЕСУП

Архитектурата на ЕСУП е организационната структура, която осигурява действието на логиката, осигурява интерфейса с потребителя и подходяща визуализацията на всички междинни и крайни резултати. Архитектурата на ЕСУП е показана на фиг.2.

Главните компоненти в архитектурата са:

- База от знания (БЗ) - базата от знания има две секции.

**Първата секция** съдържа набор от продукционни правила, чрез които от началните правила, получени от входните експериментални данни със структура

$$\text{Ако } X(n) \text{ е } A \text{ и } X'(n) \text{ е } B \text{ и } Y(n) \text{ е } C1, \text{ то } X(n+1) \text{ е } D, \quad (1)$$

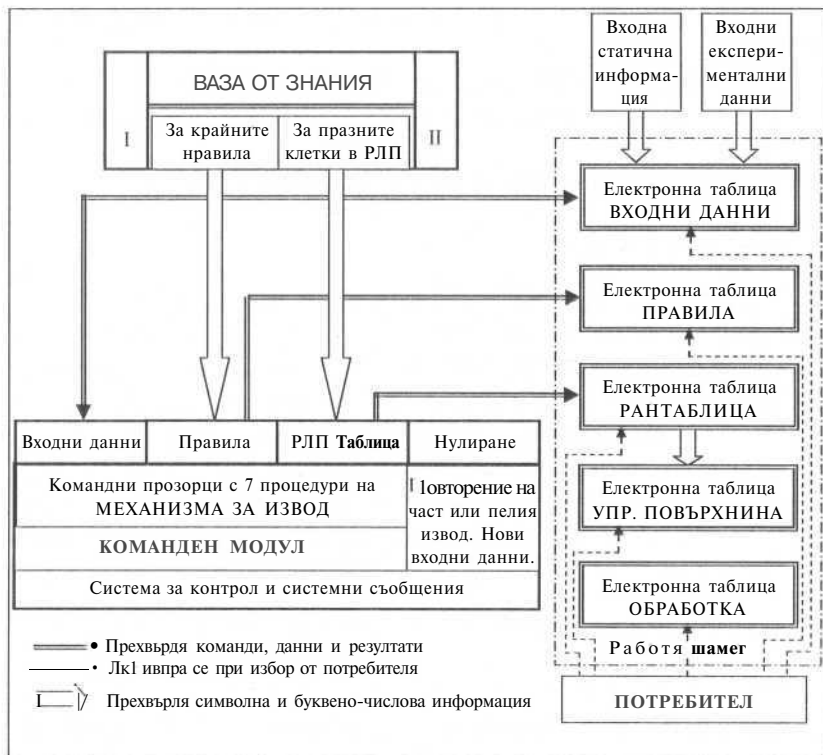
където с A, B, C1, и D са означени съответните термини на лингвистичните променливи X - грешка на регулиране, X' - скорост на изменение на грешката и - регулиращо въздействие;

$n = 1, 2, 3, \dots$  последователни дискретни моменти от време със стъпка  $\Delta T$  [s], се формират крайните управляващи правила със структура

$$\text{Ако } dX(n) \in A \text{ и } X'(n) \in B, \text{ то } Y(n) \in C, \quad (2)$$

където  $C$  е означен крайният термин за регулиращото въздействие, получен при модификацията на термина  $C1$  от правило (1), а с  $dX$  в крайното правило е означена лингвистичната променлива - грешка на регулирането.

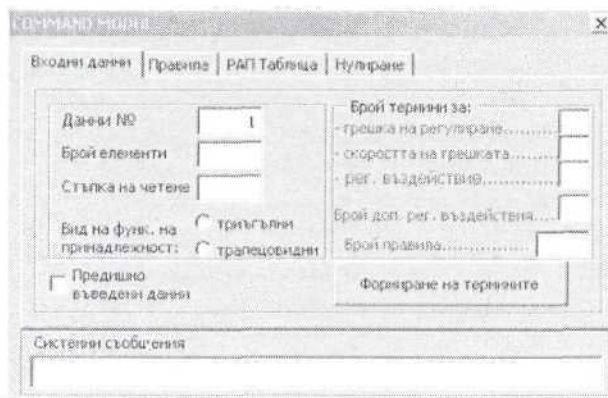
Тази секция се активира при избор от Командния модул на командния прозорец „Правила“ в състава на механизма за извод (МИ). Получените резултати за началните и крайни правила се прехвърлят за визуализация в електронната таблица „Правила“.



Фиг. 2. Архитектура на ЕСУП

**Втората секция** съдържа логически правила позволяващи запълване с термини на празните клетки (ако има такива) в РАП таблицата. Тази секция се активира при избор от Командния модул на командния прозорец „РАП Таблица“ в състава на МИ. Получените резултати за пълна РАП се визуализират в електронната таблица (ЕТ) „РАП Таблица“. Визуализират се всички РАП таблици в термини (по една таблица за всяко регулиращо въздействие). В същата таблица се визуализират и всички УП в % . Данните от тази таблица автоматично се прехвърлят в електронната таблица „Управляваща повърхнина“ за построяване на триизмерния вид на всяка формализирана УП.

• Команден модул (КМ) - видът на КМ при избран команден прозорец „Входни данни“ е показан на фиг.3. Чрез КМ се управлява цялата процедура за формализация на УП. Той съдържа 3 командни прозорци в които потребителя трябва да зададе текущите работни условия и последователно да избере процедурите на МИ. Командните прозорци се избират в ред: Входни данни; Правила; **РАП** Таблица. В КМ има и система за проверка на получените резултати след изпълнението на всяка процедура. Ако в резултатите има грешка, то се издава съответно системно съобщение, указващо вида на грешката.



Фиг.3. Вид на командния модул с избран диалогов прозорец „Входни данни“

В КМ е предвиден и команден прозорец „Нулиране“, който не влиза в МИ. От този прозорец потребителя може да нулира част от получените резултати, може да нулира всички резултати, може да нулира входните реализации, копираните в основната ЕТ „Входни

данни". В зависимост от това какво е нулирано може, чрез избор на процедура от МИ да се повтори решението при нови работни условия.

- Работна памет (РП) ~ структурата на РП съдържа пет електронни таблици, които са описани на фиг.2. Всички получени междинни и крайни резултати, в процеса на работа на ЕСУП, се съхраняват в електронните таблици. Едновременно с това всяка една ЕТ може да бъде активирана по избор от потребителя. Резултатите в ЕТ се запазват, ако не се използва командния прозорец „Нулиране“.

В ЕТ „Обработка“ се запазват междинните резултати от изпълнението на всяка процедура. При активиране на поредната процедура резултатите от предишната се изтриват. Обикновено тази ЕТ се използва от разработващите ЕС при настройка на процедурите и проверка на получените резултати.

ЕТ „Входни данни“ е основната таблица. При стартиране на ЕСУП тя се зарежда автоматично. Ако това е първо стартиране на ЕСУП ЕТ „Входни данни“ е празна. Ако стартирането на ЕСУП не е първо и входните реализации не са нулирани, ЕТ „Входни данни“ е запълнена с последно въведените входни реализации и съответните статични данни за параметрите на ФП към съответните термини.

## Заклучение

Програмната реализация на ЕСУП е на базата на Microsoft Excel и Microsoft Visual Basic. Базата от данни от експерименталните или симулационни измервания, параметрите и графиките на всички ФП, както и на резултатите от изчисленията се съхраняват в електронни таблици на Microsoft Excel. Базата от знания, механизмът за управление и извод и диагностичната логика на ЕСУП, които са интегрирани в КМ на системата и всички необходими изчисления са създадени и реализирани с помощта на Microsoft Visual Basic.

## Литература:

- [1] Станчев В. П, Експертна система за формализация на управляващи повърхнини, С, сп. Енергетика , бр. 5/2010.
- [2] Станчев В. Г, Симулатор на размито управление по повърхнина на технологичните процеси в ТЕЦ и ЯЕЦ, С., сп. Енергетика бр.1/2/2009.
- [3] Станчев В. П, Диалогова система на симулатора на размито управление по повърхнина на технологичните процеси в ТЕЦ и ЯЕЦ, С, сп.

Енергетика, бр. 4/2009.

- [4] Станчев, В. Г., „Управление на процесите в ТЕЦ и ЯЕЦ“, Част трета, „Съвременни системи и методи за управление на процесите в ТЕЦ“, 145 стр., С, ИТУС, 2004.
- [5] Станчев, В. Г., „Експертни системи“, 160 стр., С, ИТУС, 2010.

Автори: Доц. д-р инж. Валентин Георгиев Станчев, Технически университет - София, катедра "Топло и ядрена енергетика", 9653517; GSM: 0889-588-571, E-mail: stanchev@tu-sofia.bg; Доц. д-р инж. Тотю Иванов Тотев, ТУ-София, к-ра ТЯЕ, 9652295; докторант маг. инж. Борислав Любенов Ангелов, ТУ-София, к-ра ТЯЕ, 9653040.